



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**Απεικόνιση της Εποχικής συμπεριφοράς και χωρικής
κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ευρώπη με χρήση
λογισμικού**

ΚΟΤΣΙΑΛΙΤΗ ΜΑΡΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Επιβλέπων
Κ. Γεώργιος Σταμούλης

Λαμία, ... έτος 2023



**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF SCIENCE
INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE**

**Demonstration of Seasonal behavior and spatial distribution
of solar radiation in Europe using software**

KOTSILITI MARIA

**Master thesis
Mr. George Stamoulis**

Lamia, 2023



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ
«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ»**

**Απεικόνιση της Εποχικής συμπεριφοράς και χωρικής
κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ευρώπη με χρήση
λογισμικού**

ΚΟΤΣΙΛΙΤΗ ΜΑΡΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επιβλέπων
Κ. Γεώργιος Σταμούλης**

Λαμία, Μάρτιος 2023

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο [**«Απεικόνιση της Εποχικής συμπεριφοράς και χωρικής κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ευρώπη με χρήση λογισμικού»**] αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Η ΔΗΛΟΥΣΑ

Ημερομηνία

Υπογραφή

**Απεικόνιση της Εποχικής συμπεριφοράς και χωρικής
κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ευρώπη με χρήση
λογισμικού**

ΚΟΤΣΙΛΙΤΗ ΜΑΡΙΑ

Τριμελής Επιτροπή:

Πρώτος Εξεταστής: **Δρ. Γεώργιος Σταμούλης**
(Επιβλέπων) **Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Δεύτερος Εξεταστής: **Δρ. Βαβουγιός Διονύσιος**
Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής: **Πάτερ Δωρόθεο Ευάγγελο Αγγέλη**
Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Επιστημονικός Σύμβουλος:

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η απεικόνιση της χωρικής κατανομής της παρεμβολής της ηλιακής ακτινοβολίας στον Ευρωπαϊκό χώρο, καθώς και η σπουδαιότητα της χρήσης των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων. Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο γίνεται γενικής αναφορά στην κλιματική αλλαγή, καθώς γίνεται και ανάλυση του φαινομένου της ηλιακής ακτινοβολίας, με το οποίο θα ασχοληθούμε στην παρούσα διπλωματική. Τον ορισμό της, τους τύπους ακτινοβολίας καθώς και ποιες οι επιδράσεις της στην κλιματική αλλαγή που είναι εμφανής και επηρεάζει την καθημερινή μας ζωή. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία πρώτη εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Γίνεται αναφορά γενικά στον ορισμό των Γ.Π.Σ., η ιστορική τους αναδρομή, η εξέλιξη τους, καθώς και η χρήση τους στον Ελλαδικό χώρο. Επίσης γίνεται αναφορά στις εφαρμογές του, στα δομικά μέρη τους καθώς και στις λειτουργίες τους. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η πρακτική εφαρμογή ενός Γ.Σ.Π. Αρχικά γίνεται η παρουσίαση της R, της χαρτογράφησης της χωρικής απεικόνισης της ηλιακής ακτινοβολίας, της εμφάνισης με παρεμβολή Kriging καθώς και της απεικόνισης των αποτελεσμάτων της ηλιακής ακτινοβολίας των περιόδων 1980-2020. Στην συνέχεια γίνεται η απεικόνιση μέσω του προγράμματος QGIS. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας σχετικά με την χρησιμότητα των Γ.Π.Σ. Και τέλος παρατίθεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to depict the spatial distribution of radiation interference in the European area, as well as the importance of the use of Geographical Information Systems. This dissertation contains five chapters. The first makes general reference to climate change, as well as an analysis of the phenomenon of sun radiation, which we will deal with in this diplomatic. Its definition, the types of radiation and what its effects on climate change are evident and affect our daily lives. In the second chapter there is a first introduction to Geographical Information Systems. Reference is generally made to the definition of G.P.S., their historical flashback, their evolution, as well as their use in Greece. Reference is also made to its applications, their structural parts and their functions. In the third chapter presents the practical application of a G.S.P. Initially, the presentation of R, the mapping of spatial imaging of radiation, the appearance by inserting Kriging as well as the representation of the effects of sun radiation from the periods 1980-2020. The fifth chapter presents the conclusions of this dissertation on the usefulness of the GIS. In the end, the bibliography used is defined.

Table of Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	12
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ).....	12
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ)	13
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.3 ΤΙ ΣΗΜΑΙΝΕΙ Ο ΟΡΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ;).....	14
(ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.1 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΉΛΙΟΥ ΣΤΗ ΓΗ)	15
(ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.2 ΥΔΡΑΤΜΟΙ).....	15
(ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.3 ΟΖΟΝ).....	15
(ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.4 ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ)	15
(ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.5 ΕΦΕ ALBEDO).....	16
(ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.6 Ο ΉΛΙΟΣ ΚΑΙ Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ)	16
(ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.7 ΗΛΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟΣ ΚΑΙΡΟΣ)	16
(ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.8 AURORA BOREALIS/AURORA AUSTRALIS)	17
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.4 ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ).....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	20
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS))	20
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Α ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (G.I.S.))	20
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Β ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ GIS)	21
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Γ ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ GIS ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ).....	27
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Δ ΤΑ GIS ΣΗΜΕΡΑ).....	28
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Ε. ΔΟΜΙΚΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ GIS).....	29
(ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Ε.Ι. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ (ΥΛΙΚΟ) - HARDWARE.)	29
(ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Ε.ΙΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ - SOFTWARE.)	30
(ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Ε.ΙΙΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ - DATA)	30
(ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Ε.ΙV ΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ – USERS).....	31
(ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Ε.V ΜΕΘΟΔΟΙ – METHODS).....	31
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.ΣΤ ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΝΟΣ GIS).....	31
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Ζ ΣΥΛΛΟΓΗ, ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ)	32
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Η ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ)	33
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Θ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ GIS).....	33
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Ι ΆΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ GIS)	35
(ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1.Κ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ GIS)	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	37
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.1 ΜΕΛΕΤΩΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ).....	37
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.2 ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ)	37
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.3 ΑΠΟ ΠΟΙΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΚΑΙ ΠΟΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΑ).....	37
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.4 ΠΟΙΑ ΜΕΘΟΔΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ)	37

(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.5 ΣΕ ΠΟΙΑ ΜΟΡΦΗ ΈΦΕΡΑ ΕΓΩ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕ ΠΟΙΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ).....	38
(ΕΝΟΤΗΤΑ 3.5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΛΟΓΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ R)	38
(ΕΝΟΤΗΤΑ 3.5.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ R)	39
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.6 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΕΠΟΧΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ)	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ο ΕΠΟΧΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	46
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ KRIGE ΣΤΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ R ΚΑΙ QGIS).....	46
(ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.1 ΕΠΟΧΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΠΟΥ ΦΤΑΝΕΙ ΣΤΟ ΈΔΑΦΟΣ ΣΕ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1980- 2020.)	58
(ΕΝΟΤΗΤΑ 4.1.1 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ – ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ AMP)	58
(ΕΝΟΤΗΤΑ 4.1.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΚΑΤ' KRIGE ΓΙΑ ΤΗΝ AMP)	59
(ΕΝΟΤΗΤΑ 4.1.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ AMP ΣΤΗΝ QGIS).....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	74
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Κλιματολογικά Δεδομένα

(Υποκεφάλαιο 1.1 Ιστορική Αναδρομή)

Η Γη περιβάλλεται από ένα στρώμα αέρα το οποίο ονομάζεται ατμόσφαιρα, η οποία συμμετέχει στις κινήσεις της. Μέσα στην ατμόσφαιρα συμβαίνουν πολλά φυσικά φαινόμενα, τα οποία ονομάζονται μετεωρολογικά φαινόμενα. Η ονομασία προήλθε από την αρχαία ελληνική λέξη <<μετέωρα>>, που σημαίνει οτιδήποτε βρίσκεται στον ουρανό και περιλαμβάνει τη βροχή, το χιόνι, το χαλάζι, τους κεραυνούς, τις αστραπές, κτλ. Ο κλάδος της επιστήμης ο οποίος ασχολείται με τα φαινόμενα αυτά ονομάζεται Μετεωρολογία. (ΥΠΗΡΕΣΙΑ)

Ο άνθρωπος από τα πρώτα στάδια της εξέλιξης του είχε μάθει να παρατηρεί τα καιρικά φαινόμενα που επηρέαζαν την καθημερινή του ζωή. Μια ισχυρή καταιγίδα μπορούσε να προκαλέσει πλημμύρα, να καταστρέψει την σοδειά ή να πνίξει ανθρώπους. Γι' αυτό και η πρώτοι θεοί που λάτρεψε ήταν θεοί που μπορούσαν να ελέγξουν τα βίαια καιρικά φαινόμενα. (ΥΠΗΡΕΣΙΑ)

Κατά την αρχαιότητα οι διάφοροι λαοί απέδιδαν τη δημιουργία των ατμοσφαιρικών-καιρικών φαινομένων στους θεούς. Η Ελληνική μυθολογία αποτελεί τον αδιάψευστο μάρτυρα σύμφωνα με τον οποίο στον Ελληνικό χώρο η δημιουργία τέτοιων φαινομένων αποδίδονταν στους θεούς, με κορυφαίο φυσικά το θεό Δια (Ζeus). Αξιοσημείωτες από την αρχαία Ελληνική μυθολογία είναι οι εκφράσεις "Σημεία των Καιρών" και οι "Αλκυονίδες ημέρες". (ΥΠΗΡΕΣΙΑ)

Η πρώτη απόπειρα για ερμηνεία των διαφόρων ατμοσφαιρικών φαινομένων έγινε τον 5ο π.Χ. αιώνα. Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι και αστρονόμοι μετά από συστηματική παρατήρηση των καιρικών φαινομένων διατύπωσαν τις αρχές που τα διέπουν.

Οι παρατηρήσεις αυτές εκτελούνταν σε διάφορες περιοχές της χώρας και συνήθως σε ψηλά σημεία εκτός των πόλεων, τα οποία ονομάζονταν παρατηρητήρια. Αποτέλεσμα των παρατηρήσεων ήταν τα λεγόμενα παραπήγματα. Το παραπήγμα ήταν ένα είδος αστρονομικού ημερολογίου χαραγμένου σε πέτρινες ή ξύλινες πινακίδες όπου σημειώνονταν αστρονομικά και μετεωρολογικά φαινόμενα για όλες τις ημέρες του μήνα. Τέτοιου είδους ημερολόγια συνέταξαν ο Μέτων, ο Δημόκριτος, ο Κόνων, ο Μητρόδωρος κ.α.

Στο σύγγραμμά του Γένιμου, «Εισαγωγή στα Φαινόμενα», υπάρχουν αποσπάσματα παραπηγμάτων ενώ αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι οι προγνώσεις αυτές δεν ήταν αβάσιμες, αλλά αποτελούσαν ακριβή κλιματολογικά συμπεράσματα προερχόμενα από συστηματικές και πολυετείς μετεωρολογικές παρατηρήσεις.

Ο Αριστοτέλης θεωρείτε ο ΠΑΤΕΡΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ καθώς έγραψε το πρώτο παγκοσμίως εγχειρίδιο Μετεωρολογίας και παρέμεινε το μοναδικό μέχρι και το 17^ο μ.Χ. αιώνα. Μετά τον Αριστοτέλη, αρκετοί φιλόσοφοι ασχολήθηκαν με την Μετεωρολογία. Ως αποτέλεσμα ήταν η επινόηση του ανεμοδείκτη και του θερμοσκοπίου καθώς και η εξήγηση της γένεσης των μετεωρολογικών φαινομένων όπου ο ήλιος παίζει πρωταρχικό ρόλο. Επίσης, παρότι δεν υπήρχαν θερμόμετρα διαπίστωσαν την ημερήσια και ετήσια μεταβολή της θερμοκρασίας καθώς και τη μεταβολή θερμοκρασίας με το ύψος.

Οι αρχαίοι Έλληνες μελέτησαν ιδιαιτέρως τους ανέμους και διατύπωσαν σωστές θεωρίες για το σχηματισμό των νεφών, τη δημιουργία της βροχής, του χιονιού, του χαλαζιού, της δρόσου και της πάχνης. Από την εποχή των αρχαίων Ελλήνων επόμενο σημαντικό βήμα στην εξέλιξη της Μετεωρολογίας αποτέλεσε η εφεύρεση του θερμομέτρου (1503) και του βαρομέτρου (1643) τα οποία έδωσαν τη δυνατότητα καταγραφής των Μετεωρολογικών στοιχείων σε αριθμητικά μεγέθη. Ακολούθησε η εφεύρεση και άλλων οργάνων όπως το βροχόμετρο, το υγρόμετρο και το ανεμόμετρο.

Κατά τον 17ο, 18ο και 19ο τα μεγάλα πλέον ταξίδια των ιστιοφόρων σε συνδυασμό με τους διαφόρους σταθμούς στη στεριά έδωσαν πληθώρα παρατηρήσεων οι οποίες επέτρεψαν τη συστηματική έρευνα και μελέτη των ατμοσφαιρικών φαινομένων. Έναυσμά της δημιουργίας της πρώτης μετεωρολογικής υπηρεσίας στο Αστεροσκοπείο Παρισιών αποτέλεσε μία μεγάλη

κακοκαιρία κατά τη διάρκεια του Κριμαϊκού πολέμου το 1854. Ο γάλος La Verrier, διευθυντής του Αστεροσκοπείου, κατέληξε ότι συλλέγοντας παρατηρήσεις από 200 μετεωρολογικούς σταθμούς της Ευρώπης θα μπορούσε να είχε προβλέψει την εν λόγω κακοκαιρία. Ακολούθησε η ίδρυση Μετεωρολογικών υπηρεσιών σε ΗΠΑ, Αγγλία και Ολλανδία, ενώ το 1878 συντάχθηκε ο Διεθνής Οργανισμός Μετεωρολογίας από τον οποίο δημιουργήθηκε ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός το 1950.

Στην Ελλάδα, οι πρώτες μετεωρολογικές παρατηρήσεις γίνονται από το Αστεροσκοπείο Αθηνών το 1839 ενώ από το 1890 αρχίζει να λειτουργεί ένα μικρό δίκτυο 7 Μετεωρολογικών σταθμών στη χώρα. Η Μετεωρολογική Υπηρεσία της Ελλάδας ιδρύεται αργότερα, εν έτη 1931. Στα τέλη του 19ου αιώνα επιχειρείται η παρατήρηση της ατμόσφαιρας καθ' ύψος με αερόστατα και μετεωρολογικούς αετούς. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του Μεσοπολέμου, επιτυγχάνονται οι παρατηρήσεις αυτές με τη χρήση της ραδιοβολίδας. Κατά τη διάρκεια του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου εφευρέθηκε το RADAR το οποίο αξιοποιήθηκε για τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις, ενώ το 1960 τέθηκαν σε τροχιά οι πρώτοι τεχνητοί δορυφόροι για την έρευνα της γήινης ατμόσφαιρας. Το τελευταίο επίτευγμά από τα τέλη της δεκαετίας του 60 μέχρι τις μέρες μας είναι η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών που επιτρέπουν την αποθήκευση και την επεξεργασία του Μεγάλου όγκου των Μετεωρολογικών δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά συλλέγονται πλέον από το πυκνότερο δίκτυο παρατηρήσεων που λειτουργεί σε ολόκληρη την επιφάνεια της γης ενώ τα δεδομένα για τις δυσπρόσιτες περιοχές όπου δεν μπορούν να εγκατασταθούν τυπικοί Μετεωρολογικοί σταθμοί συλλέγονται με ραδιοβολίσες, Μετεωρολογικά radars και δορυφόρους.

Στην Ελλάδα, η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) έχει εγκαταστήσει και λειτουργεί ένα δίκτυο σταθμών μετεωρολογικής παρατήρησης σε ολόκληρη τη χώρα. Παράλληλα, λειτουργεί 8 αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς, 3 σταθμούς ανώτερης ατμόσφαιρας, δίκτυο radars ενώ διαθέτει και το δορυφορικό σύστημα PROTEAS που παρέχει μετρήσεις καθ' ύψος σε μία ευρύτερη περιοχή της χώρας. (Αικατερίνη, 2012)

(Υποκεφάλαιο 1.2 Κλιματική Αλλαγή)

Με τον όρο Κλιματική Αλλαγή εννοούμε τις αλλαγές που έχουν παρατηρηθεί κατά την διάρκεια των χρόνων στο κλίμα. Κλίμα νοείται η μέση καιρική κατάσταση μιας περιοχής, η οποία προκύπτει από τις παρατηρήσεις των διάφορων μετεωρολογικών στοιχείων. Το κλίμα συνεπώς δεν έχει καμία σχέση με τον καιρό, ο οποίος χαρακτηρίζεται σαν μια φυσική κατάσταση της ατμόσφαιρας κατά την διάρκεια μια μικρής χρονικής περιόδου. Το κλίμα παίζει σημαντικό ρόλο, τόσο στο φυτικό, όσο και στο ζωικό βασίλειο. Ο τύπος ενός κλίματος συνήθως καθορίζεται από την ταξινόμηση κατά Köppen, κατά τα οποία οι ζώνες βλάστησης είναι ταξινομημένες με βάση τις κλιματικές ζώνες κάθε περιοχής. (βικιπαίδεια)

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην μεταβολή του κλίματος είναι:

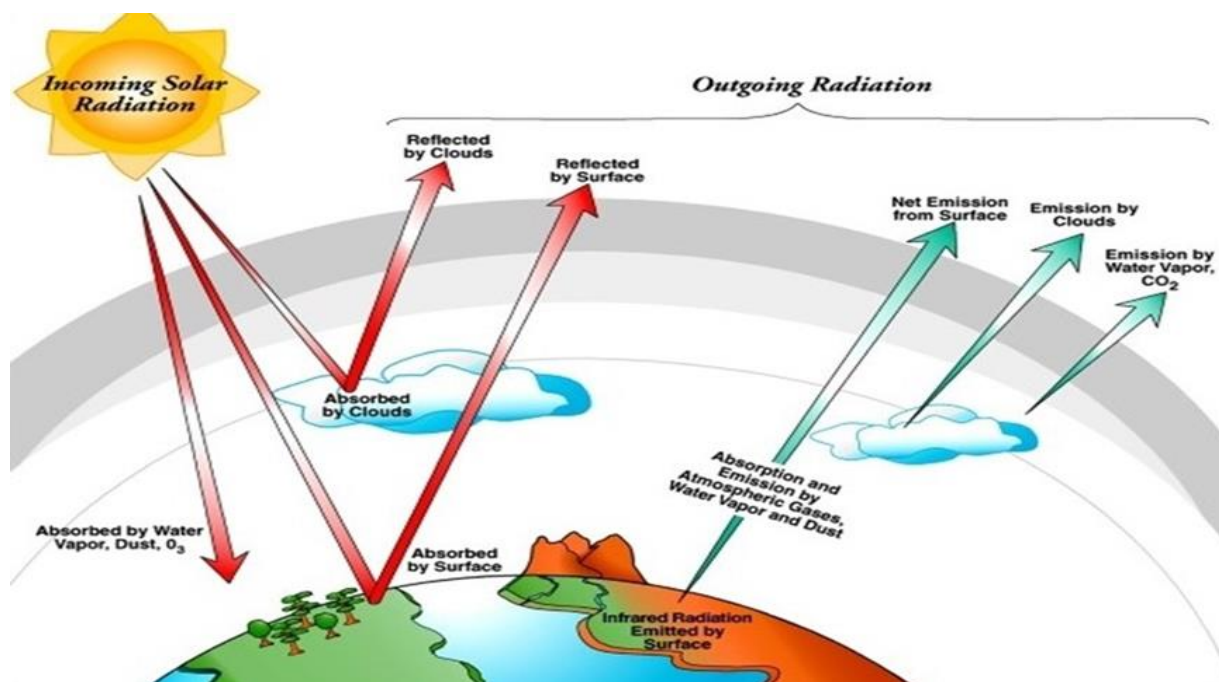
- Το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο
- Η διανομή ξηράς και θάλασσας
- Το ανάγλυφο και η κάλυψη του εδάφους
- Οι άνεμοι
- Τα κέντρα υψηλής και χαμηλής πίεσης. (βικιπαίδεια)

(Υποκεφάλαιο 1.3 Τι σημαίνει ο όρος ακτινοβολία;)

Σε αυτή την ενότητα θα μιλήσουμε για την ακτινοβολία. Η ακτινοβολία είναι ένας παρεξηγημένος όρος και πολλοί την έχουν συνδυάσει με αρνητικές καταστάσεις, όπως είναι οι αρρώστιες, τερατογεννήσεις και πόλεις που έχουν πληγεί από πυρηνικούς πολέμους. Υπάρχουν ακτινοβολίες, αλλά δεν είναι όλες επικίνδυνες. Σε όλη μας την ζωή συνυπάρχουμε με ένα τεράστιο σύνολο φυσικών και τεχνητών πηγών ακτινοβολίας. Ακόμα και οι ίδιοι εκπέμπουμε ακτινοβολία! Τι είναι όμως ακτινοβολία και ποια είναι τα είδη της;

Η ακτινοβολία είναι ενέργεια που διαδίδεται στον χώρο. Μπορεί να είναι είτε κύματα, είτε κινούμενα υποατομικά σωματίδια (νετρόνια, ηλεκτρόνια, κτλ.) με ταχύτητα συγκρίσιμη της ταχύτητας του φωτός. Τα ηχητικά κύματα, οι σεισμικές δονήσεις, το φως, είναι όλα πηγές ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία, ανάλογα με την επίδραση της στους ζωντανούς οργανισμούς, διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: την ιονίζουσα και την μη ιονίζουσα. (Φυσική)

Εμείς στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με την ατμοσφαιρική ηλιακή ακτινοβολία. Ατμοσφαιρική ακτινοβολία είναι η ροή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας μεταξύ του ήλιου και της επιφάνειας της Γης, καθώς επηρεάζεται από σύννεφα, αερολύματα και αέρια στην ατμόσφαιρα της Γης. Περιλαμβάνει τόσο την ηλιακή ακτινοβολία (ηλιακό φως) όσο και τη μακροχρόνια (θερμική) ακτινοβολία. Αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης και την ποσότητα της ακτινοβολίας που αφήνει την Γήινη ατμόσφαιρα. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν ατμοσφαιρικά στοιχεία όπως σταγονίδια νέφους, υγρασία, θερμοκρασία, ατμοσφαιρικά αέρια, σωματίδια αερολύματος, ακόμη και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης και των ωκεανών. Η ατμοσφαιρική ακτινοβολία είναι εξαιρετικά σημαντική για την κατανόησή της, διότι επηρεάζει τόσο τον καιρό (για παράδειγμα, η θέρμανση της επιφάνειας του εδάφους από το φως του ήλιου οδηγεί στο σχηματισμό σύννεφων μεταφοράς) και το κλίμα (για παράδειγμα, μακροπρόθεσμες αλλαγές στην ποσότητα της ακτινοβολίας που αντανακλάται ή απορροφάται από τα αερολύματα. (ENERGY.GOV, n.d.)



Εικόνα 1 Απεικόνιση της Ακτινοβολία

(Ενότητα 1.3.1 Η επίδραση του Ήλιου στη Γη)

Ο αέρας που μας περιβάλλει αποτελείται από διαφορετικά αέρια και επίσης μερικά σωματίδια. Αυτό το στρώμα αέρα, γνωστό ως ατμόσφαιρα της Γης διατηρείται από τη βαρύτητα. Τα δύο κύρια συστατικά είναι το άζωτο (78%) και το οξυγόνο (21%). Εκτός από το να περιέχει το οξυγόνο που πρέπει να ζήσουν τα ανθρώπινα όντα και άλλοι οργανισμοί, η ατμόσφαιρα έχει πολλά άλλα «χαρακτηριστικά» όπως η απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τον Ήλιο από το στρώμα του όζοντος και η κατακράτηση θερμότητας γνωστή ως φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η ηλιακή ακτινοβολία που δεν απορροφάτε ή αντανακλάται από την ατμόσφαιρα (για παράδειγμα από σύννεφα) φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Η Γη απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που φτάνει στην επιφάνειά της, ένα μικρό κλάσμα αντανακλάται. Συνολικά περίπου το 70% της εισερχόμενης ακτινοβολίας απορροφάτε από την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της Γης, ενώ περίπου το 30% ανακλάται πίσω στο διάστημα και δεν θερμαίνει την επιφάνεια. Η Γη εκπέμπει ενέργεια σε μήκη κύματος πολύ περισσότερο από τον Ήλιο επειδή είναι πιο κρύα. Μέρος αυτής της ακτινοβολίας μακρού κύματος απορροφάτε από αέρια θερμοκηπίου τα οποία στη συνέχεια εκπέμπουν ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις, συμπεριλαμβανομένης της προς τα κάτω και παγιδεύοντας έτσι θερμότητα στην ατμόσφαιρα. Χωρίς αυτό το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν αφιλόξενη -18°C (0°F) αντί για τους 14°C (59°F) που βιώνουμε σήμερα. Αυτό το αποτέλεσμα ενισχύεται με την αύξηση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα λόγω εκπομπών από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων. Τα κύρια μακροχρόνια αέρια θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4) και το οξείδιο του αζώτου (N_2O). (WMO, n.d.)

(Ενότητα 1.3.2 Υδρατμοί)

Οι υδρατμοί είναι το πιο άφθονο αέριο του θερμοκηπίου. Δεν παραμένει στην ατμόσφαιρα για πολύ, αλλά παίζει βασικό ρόλο στο κλίμα μας και την μεταβλητότητά του και την αλλαγή. (WMO, n.d.)

(Ενότητα 1.3.3 Όζον)

Το όζον στο κάτω μέρος της ατμόσφαιρας δρα ως αέριο του θερμοκηπίου και είναι ένας σημαντικός ρύπος. Πάνω ψηλά, στη στρατόσφαιρα, το στρώμα του όζοντος απορροφά την ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία και επηρεάζει το πόσο θερμότητα του Ήλιου εκπέμπεται πίσω στο διάστημα. Η στιβάδα του όζοντος μας προστατεύει από τις επιβλαβείς επιπτώσεις της υπερβολικής υπεριώδους ακτινοβολίας, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ηλιακά εγκαύματα, καρκίνο του δέρματος και βλάβη στα μάτια. (WMO, n.d.)

(Ενότητα 1.3.4 Αερολύματα)

Η ατμόσφαιρα περιέχει επίσης μικρά αιωρούμενα στερεά και υγρά σωματίδια. Τα αερολύματα είναι μικρά σωματίδια σκόνης που επιπλέουν στην ατμόσφαιρα. Προκύπτουν κυρίως από χημικές αντιδράσεις μεταξύ αερίων ατμοσφαιρικών ρύπων, ανερχόμενης άμμου ή θαλάσσιου ψεκασμού, δασικών πυρκαγιών, γεωργικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων και καυσασερίων οχημάτων.

Τα αερολύματα επηρεάζουν πολλές πτυχές της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, ορατές σε περίπτωση ισχυρών αιθαλομίχλης ή καταστροφών. Τα αερολύματα

επηρεάζουν το κλίμα της Γης τόσο άμεσα, διασκορπίζοντας και απορροφώντας το φως του ήλιου, και έμμεσα, μεταβάλλοντας την ανακλαστικότητα των νεφών. Γενικά, τα αερολύματα έχουν ψυκτική επίδραση στο κλίμα, το οποίο αντισταθμίζει εν μέρει τη θερμαντική επίδραση των αερίων του θερμοκηπίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, ενδέχεται να προκαλέσουν επιπλέον θέρμανση, όπως η περίπτωση του μαύρου άνθρακα στην αιθάλη.

Τα αέρια και τα σωματίδια σκόνης που ρίχνονται στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια ηφαιστειακών εκρήξεων έχουν επιπτώσεις στο κλίμα και δροσίζουν τον πλανήτη σκιάζοντας την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Το φαινόμενο ψύξης μπορεί μερικές φορές να διαρκέσει μήνες έως χρόνια. (WMO, n.d.)

(Ενότητα 1.3.5 Εφέ Albedo)

Το Albedo είναι η ικανότητα μιας επιφάνειας να αντανακλά το φως του ήλιου (ηλιακή ακτινοβολία). Το χιόνι και ο πάγος έχουν υψηλό albedo. Μεγάλο μέρος του ηλιακού φωτός χτυπάει επιφάνειες καλυμμένες με χιόνι και ο πάγος αναπηδά πίσω. Αντίθετα, οι σκούρες γήινες επιφάνειες έχουν χαμηλό albedo, επομένως απορροφούν περισσότερο ηλιακό φως. Έτσι, το ποσοστό της επιφάνειας της Γης που καλύπτεται από πάγο και χιόνι επηρεάζει το πόσο απορροφάτε η ηλιακή ακτινοβολία του Ήλιου, θερμαίνει τον πλανήτη ή ανακλάται. Επομένως, το χιόνι και ο πάγος που καλύπτονται από αιθάλη από τη ρύπανση δεν αντανακλούν πλέον το φως του ήλιου, αλλά το απορροφούν και έτσι το λιώσιμο αυξάνεται.

Όσο περισσότερο χιόνι και πάγος λιώνουν στην Αρκτική και την Ανταρκτική, τόσο πιο σκοτεινές επιφάνειες. Ως εκ τούτου, η ανατροφοδότηση της κλιματικής αλλαγής στις πολικές περιοχές αυξάνεται περαιτέρω, επιδεινώνοντας την κλιματική αλλαγή παγκοσμίως. (WMO, n.d.)

(Ενότητα 1.3.6 Ο Ήλιος και ο Κύκλος του Νερού)

Η Γη περιέχει περίπου 1,4 δισεκατομμύρια km³ νερού. Οι ωκεανοί κατέχουν 1,3 δισεκατομμύρια km³ και 71 km³ είναι γλυκό νερό, εκ των οποίων περισσότερα από τα δύο τρίτα έχουν τη μορφή χιόνι ή πάγου.

Ο Ήλιος παίζει βασικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο, εξατμίζοντας συνεχώς νερό στην ατμόσφαιρα. Μερικά από αυτά τα νερά επιστρέφονται ως βροχή, χιόνι και δροσιά. Μέρος αυτής της βροχόπτωσης εξατμίζεται γρήγορα πίσω στην ατμόσφαιρα. Κάποιοι αποστραγγίζονται σε λίμνες και ποτάμια για να ξεκινήσουν ένα ταξίδι πίσω στη θάλασσα. Μερικά διεισδύουν στο έδαφος για να διατηρήσουν την υγρασία των υπόγειων υδάτων ή του εδάφους. Υπό φυσικές συνθήκες, τα υπόγεια ύδατα σταδιακά επιστρέφουν στα επιφανειακά ύδατα και αποτελούν την κύρια πηγή αξιόπιστης ροής του ποταμού. Τα φυτά ενσωματώνουν μέρος της υγρασίας του εδάφους και των υπόγειων υδάτων στους ιστούς τους και απελευθερώνουν μέρος στην ατμόσφαιρα κατά τη διαδικασία της διαπνοής. Ο υδρολογικός κύκλος μετακινεί τεράστιες ποσότητες νερού στον κόσμο, χάρη στην ενέργεια του ήλιου. (WMO, n.d.)

(Ενότητα 1.3.7 Ηλιακή δραστηριότητα και διαστημικός καιρός)

Κατά τη διάρκεια των 11 ετών, η δραστηριότητα του Ήλιου εξασθενίζει και εξασθενεί ως γραμμές μαγνητικού πεδίου που τυλίγονται και μπλέκονται μέσα στον Ήλιο διασκορπίζουν περιοδικά στην επιφάνεια. Αυτές οι καινοτομίες παράγουν ηλιακές κηλίδες που ταξιδεύουν μαζί στο πρόσωπο του Ήλιου. Η αυξημένη μαγνητική δραστηριότητα που σχετίζεται με τις ηλιακές κηλίδες μπορεί να οδηγήσει σε ηλιακές εκλάμψεις, εκτοξεύσεις στεφανιαίας μάζας και άλλα εκτεταμένα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα που θέτουν σε κίνδυνο τους αστροναύτες και καταστρέφουν ή διαταράσσουν τους δορυφόρους. Ορισμένες εθνικές μετεωρολογικές υπηρεσίες αναπτύσσουν ένα διαστημικό σύστημα πρόγνωσης καιρού για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων.

Το "Space Weather" προσδιορίζει τη φυσική και φαινομενολογική κατάσταση του φυσικού διαστημικού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένου του Ήλιου και των διαπλανητικών και πλανητικών περιβαλλόντων. Η σχετική πειθαρχία στοχεύει στην παρατήρηση, την κατανόηση και την πρόβλεψη της κατάστασης του Ήλιου, των πλανητικών και διαπλανητικών περιβαλλόντων και των διαταραχών τους, με ιδιαίτερη προσοχή στις πιθανές επιπτώσεις αυτών των διαταραχών στα βιολογικά και τεχνολογικά συστήματα.

Τα αποτελέσματα του Space Weather μπορεί να κυμαίνονται από ζημιές σε δορυφόρους που προκύπτουν από φορτισμένα σωματίδια έως διακοπή των δικτύων ισχύος στη Γη κατά τη διάρκεια γεωμαγνητικών καταιγίδων, διακοπή ραδιοφώνου σε διαπολικές διαδρομές αεροσκαφών ή διαταραχή δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης. Η παρακολούθηση, η μελέτη και οι εφαρμογές του Space Weather είναι ολοένα και πιο σημαντικές με την αυξανόμενη χρήση του χώρου στην καθημερινή ζωή για τηλεπικοινωνίες, παρατήρηση και πλοήγηση (WMO, n.d.).

(Ενότητα 1.3.8 Aurora Borealis/Aurora Australis)

Τα Aurora Borealis (Βόρεια Φώτα) και Aurora Australis (Southern Lights) είναι η μόνη ορατή εκδήλωση του διαστημικού καιρού. Η ενέργεια από τον συνεχώς υπάρχοντα ηλιακό άνεμο ή από τις εκτοξεύσεις μάζας στεφανιαίας μεταφέρεται στο σύστημα της Γης και τελικά οδηγεί στην διέγερση μορίων οξυγόνου και αζώτου στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Όταν αυτά τα μόρια χαλαρώνουν προς τα κάτω σε χαμηλότερες ενεργειακές καταστάσεις, απελευθερώνουν την ενέργειά τους με τη μορφή φωτός, παρόμοιο με το πώς λειτουργεί ένα φως νέον.

Λόγω του σχήματος του μαγνητικού πεδίου της Γης, η αύρα εμφανίζεται σε δύο ωειδή γύρω από τους μαγνητικούς πόλους της Γης. Καθώς η κινητήρια γεωμαγνητικής καταιγίδας εντείνεται, αυτά τα ωειδή επεκτείνονται ισημερινά. Στις πιο ακραίες γεωμαγνητικές καταιγίδες, αυτό μπορεί να οδηγήσει στην ορατή ορατότητα σχεδόν σε όλο τον κόσμο.

Μιας και το 70% της επιφάνειας της Γης, αποτελούν οι θάλασσες και οι ωκεανοί, είναι αδύνατο να μην επηρεάστηκαν από την αύξηση της θερμοκρασίας. Μάλιστα, αποτελεί γεγονός, ότι αυτοί απορρόφησαν το μεγαλύτερο μέρος αυτής της θερμότητας. Αποτέλεσμα αυτού, ήταν η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών, στα πρώτα 700 μέτρα, κατά 0,3 F από το 1960. Κάτι που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι το επίπεδο των θαλασσών, σε παγκόσμια κλίμακα, αυξήθηκε κατά 17 εκατοστά τον τελευταίο αιώνα, ποσοστό σχεδόν διπλάσιο όλων των προηγούμενων χρόνων συνολικά. Αυτή η τεράστια αύξηση μπορεί να οφείλεται τόσο στην αύξηση της θερμοκρασίας, όσο και στην τροφοδότηση των ωκεανών με νερά από τους παγετώνες (WMO, n.d.).

(Υποκεφάλαιο 1.4 Αλλαγή του κλίματος και μελλοντικές προβλέψεις)

Μέχρι πρόσφατα πολλοί επιστήμονες πίστευαν ότι η εξερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μεταβάλλεται μόνο κατά ένα κλάσμα του ενός τοις εκατό κατά τη διάρκεια πολλών ετών. Ωστόσο, από μετρήσεις που έγιναν από δορυφόρους διαπιστώθηκε ότι η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μεταβάλλεται περισσότερο. Αριθμητικά κλιματικά μοντέλα προβλέπουν ότι μια αλλαγή στην ηλιακή ακτινοβολία μόνο κατά 1 τοις εκατό ανά αιώνα θα άλλαζε τη μέση θερμοκρασία της Γης από 0,5 έως 1 βαθμό Κελσίου. Οι επιστήμονες έχουν από καιρό προσπαθήσει να συνδέσουν επίσης τις ηλιακές κηλίδες με την κλιματική αλλαγή. Οι ηλιακές κηλίδες είναι τεράστιες μαγνητικές καταιγίδες και ο αριθμός και το μέγεθός τους δείχνουν κυκλικές μεταβολές. Μερικοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι οι περιοδικές ξηρασίες στην περιοχή των Ηνωμένων Πολιτειών σχετίζονται με αυτόν τον κύκλο 22 χρόνων.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) αποτελεί αέριο του θερμοκηπίου το οποίο απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία και παίζει καθοριστικό ρόλο στην άνοδο της θερμοκρασίας στη κατώτερη ατμόσφαιρα. Οι συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί τα τελευταία

χρόνια κυρίως εξαιτίας της καύσης ορυκτών καυσίμων και άλλων δραστηριοτήτων του ανθρώπου. Επίσης, η καταστροφή των δασών με την αποψίλωση των τροπικών δασών και άλλες αιτίες, όπως οι δασικές πυρκαγιές, συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα. Το 2001 η μέση συγκέντρωση του CO₂ ήταν περίπου 374 ppm και σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, εάν αυτή η αύξηση συνεχιστεί με τον ίδιο ρυθμό, οι συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα θα φθάσουν τα 540 έως 970 ppm στο τέλος του αιώνα.

Επίσης, τα τελευταία χρόνια αυξάνονται και άλλα θερμοκηπικά αέρια, όπως το μεθάνιο και το νιτρικό οξύ, τα οποία απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία. Η αύξηση αυτών των αερίων έχει επίδραση ίση περίπου με αυτή του CO₂ στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν ότι οι αυξήσεις των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου έως το τέλος του αιώνα θα έχουν επιπτώσεις στην αύξηση της τιμής της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης από 1,4° έως 5,8° Κελσίου, σε σχέση με τη μέση τιμή της θερμοκρασίας της περιόδου 1960–1990. Σύμφωνα με νεότερα μοντέλα πρόβλεψης που λαμβάνουν υπόψη τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ωκεανών και ατμόσφαιρας, τις διαδικασίες με τις οποίες το διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα και την ψύξη που προκαλείται από τα οξείδια του θείου στην κατώτερη ατμόσφαιρα, συμπεραίνεται ότι με τη θέρμανση του ατμοσφαιρικού αέρα θα προκληθεί αύξηση της εξάτμισης και τελικά μεγαλύτερη συγκέντρωση υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση της συγκέντρωσης των υδρατμών, που επίσης είναι θερμοκηπικό αέριο, θα οδηγήσει σε περαιτέρω θέρμανση του πλανήτη. Χωρίς αυτή την επίδραση των υδρατμών τα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν μικρότερη άνοδο της θερμοκρασίας της Γης. (Δ Στάθης, 2015)

Οι περίοδοι με θερμό κλίμα έχουν αυξηθεί τόσο σε διάρκεια όσο και σε χρονική συχνότητα, προκαλώντας δεκάδες δυστυχήματα την τελευταία δεκαετία. Οι κοινωνίες των ανθρώπων θα πρέπει να προσαρμοστούν, μιας και η αύξηση των θερμών περιόδων μπορεί να προκαλέσει αύξηση των θανάτων. Η σοβαρή και συχνή καταστροφή στην Ευρώπη είναι η ξηρασία των ποταμών, με συχνότερη εμφάνιση στην Νότια Ευρώπη. Οι ροές των ποταμών στις νότιες περιοχές της Ευρώπης, προβλέπεται να μειωθούν σημαντικά κατά τις θερινές περιόδους, αλλά και σε πολλές άλλες περιοχές της Ευρώπης, ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας της κάθε περιοχής.

Περνώντας προς την βόρεια πλευρά του πλανήτη, πρέπει να αναφερθεί ότι η Αρκτική παρουσιάζει ταχύτερη άνοδο της θερμοκρασίας της σε σχέση με άλλες περιοχές. Οι θαλάσσιοι πάγοι της Αρκτικής λιώνουν με μεγάλη ταχύτητα και παρατηρήθηκαν πρωτοφανή χαμηλά επίπεδα τα έτη 2007, 2011 και 2012, υποχωρώντας περίπου στο μισό σε σχέση με την έκταση που είχε τη δεκαετία του 1980. Στην Γροιλανδία, η τήξη των πάγων έχει διπλασιαστεί σε σχέση με τη δεκαετία του 1990, με αποτέλεσμα την απώλεια κατά μέσο όρο 250 δισεκατομμυρίων τόνων μάζας ετησίως στο διάστημα 2005 με 2009.

Μεταβολές έχουν καταγραφεί στον πληθυσμό αλλά και στα χαρακτηριστικά φυτών και ζώων, οι οποίες σχετίζονται με την θερμοκρασιακή μεταβολή. Έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στον χρόνο άνθησης φυτών και δένδρων, αλλά και στην ανάπτυξη οργανισμών σε μικρότερο χρονικό διάστημα από το προβλεπόμενο. Άλλα είδη φυτών και ζώων μεταναστεύουν σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο, καθώς διαφοροποιείται η θερμοκρασία των βιοτόπων τους και αδυνατούν να προσαρμοστούν. Επιπλέον, κάτι που έχει παρατηρηθεί είναι ότι η περίοδος βλάστησης αρκετών καλλιεργειών στην Ευρώπη έχει παραταθεί, λόγω των διαφοροποιήσεων στην θερμοκρασία αλλά παράλληλα υπάρχει εξάπλωση καλλιεργειών σε βορειότερες περιοχές. Φυσικά, όλες οι καλλιέργειες δεν μπορούν να είναι εξίσου αποδοτικές μιας και η κεντρική και νότια Ευρώπη έχει αυξημένες και παρατεταμένες θερμοκρασίες λόγω καυσώνων και ξηρασίας. Από την αντίθετη πλευρά τώρα, υπάρχει ουσιαστικά και εξοικονόμηση ενέργειας. Λόγω του γεγονότος ότι η θερμοκρασία αυξάνεται, δεν υπάρχει ζήτηση για θέρμανση παρά μόνο σε περιόδους μεγάλου ψύχους. Αντίθετα, υπάρχει υψηλή ζήτηση για ψύξη στην Νότια Ευρώπη και

τα κατά την διάρκεια των μηνών του καλοκαιριού. Αναφορικά με τη Νότια Ευρώπη, στην έκθεση επισημαίνονται ότι θα σημειωθούν:

- Αυξημένα κύματα καύσωνα, με πιθανότητα θανάτους ανθρώπων.
- Ξηρασία ποταμών.
- Ανάπτυξη μολυσματικών ιών και εξάπλωση τους με πιθανότητα πανδημίας.
- Διαφοροποίηση κύκλου ζωής φυτών και ζώων.
- Εξαφάνιση ειδών
- Διαφοροποίηση αγροτικής παραγωγής ανά περιοχή της Γης.
- Μείωση κατανάλωσης ενέργειας για παροχές θέρμανσης.

Τα τελευταία χρόνια, με την συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας, έχουν σημειωθεί ακραία καιρικά φαινόμενα. Ο εκτεταμένος βαθμός αυτών των φαινομένων έχει προκαλέσει αύξηση των ζημιών στην Ευρώπη. Η συμβολή της κλιματικής αλλαγής είναι καθοριστική και χρίζει αντιμετώπισης. Επίσης, η συμμετοχή του ανθρώπου σε περιοχές με μεγάλο κλιματικό κίνδυνο, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα εμφάνισης ίδιων φαινομένων και σε άλλες περιοχές. Μελλοντικά, διαφαίνεται μέσα από μελέτες, η ραγδαία κλιματική αλλαγή, προβλέπεται να προκαλέσει ακραία καιρικά φαινόμενα σε περιοχές με μεγάλο κλιματικό κίνδυνο, προκαλώντας φαινόμενα εντονότερα τόσο σε διάρκεια όσο και σε ένταση. Σύμφωνα με την προαναφερθείσα μελέτη, το κλιματικό κόστος από ακραία καιρικά φαινόμενα εκτιμάται ότι θα συνεχίσει να αυξάνεται, εφόσον οι Ευρωπαϊκές κοινωνίες δεν αλλάξουν προς την αντίθετη κατεύθυνση. Σε συνέχεια της αναφοράς στην μελέτη του 2012, αναφέρεται ότι δεν θα έχουν όλες οι περιοχές την ίδια προσαρμοστικότητα στην κλιματική αλλαγή. Οι επιπτώσεις της αλλαγής αυτής είναι πιθανόν να εντείνουν την ανισότητα. (European Environment Agency, 2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Βιβλιογραφική Επισκόπηση

(Υποκεφάλαιο 2.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS))

(Ενότητα 2.1.α Ορισμός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (G.I.S.))

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.), γνωστά ευρέως και ως G.I.S. Geographic Information Systems, είναι ολοκληρωμένα συστήματα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απόδοσης πληροφορίας, σχετικής με φαινόμενα που εξελίσσονται στο χώρο (Goodchild, 1985). Τα γεωγραφικά δεδομένα μπορούν να χαρτογραφηθούν και να εντοπιστούν στο χώρο, καθώς και οι υποκατηγορίες τους είναι τα χωρικά και περιγραφικά δεδομένα. Επιπλέον τα Σ.Γ.Π. είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους και ιδιαίτερα στην επιστήμη της Γεωγραφίας, διότι έχουν τη δυνατότητα να ενσωματώνουν τα χωρικά με τα περιγραφικά δεδομένα, κάτι το οποίο συμβάλλει στην υλοποίηση της χωρικής ανάλυσης. Επιτρέπει στους χρήστες να αποτυπώσουν το πραγματικό κόσμο, να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν χαρτογραφικά.

Τα συστήματα GIS, αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό ή χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό των Σ.Γ.Π. είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, π.χ. μια ομάδα σημείων που αναπαριστούν θέσεις πόλεων συνδέεται με ένα πίνακα όπου κάθε εγγραφή εκτός από τη θέση περιέχει πληροφορίες όπως ονομασία, πληθυσμός, κλπ.

Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χωρικά (spatial) και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα τα οποία και τα χαρακτηρίζουν μοναδικά. Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία (η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση). Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την λειτουργία αυτή βασίζεται:

Είτε στο σχεσιακό (relational) μοντέλο δεδομένων, όπου τα περιγραφικά δεδομένα πινακοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων.

Είτε στο αντικειμενοστραφές (object-oriented) μοντέλο δεδομένων, όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση (π.χ. κατηγορία = "δρόμος", όνομα = "Πανεπιστημίου", γεωμετρία = "[X1,Y1],[X2,Y2]...", πλάτος = "20μέτρα").

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο τείνει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές GIS εξαιτίας των αυξημένων δυνατοτήτων του σε σχέση με το σχεσιακό μοντέλο της δυνατότητας που παρέχει για την εύκολη και απλοποιημένη μοντελοποίηση σύνθετων φυσικών φαινομένων και αντικειμένων με χωρική διάσταση.

Πολλές φορές η ολοκληρωμένη έννοια των GIS (integrated GIS concept) επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τόσο τα δεδομένα (που αποτελούν ουσιαστικά τον πυρήνα τους), το λογισμικό και τον μηχανικό εξοπλισμό, όσο και τις διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό, που αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα ενός οργανισμού, ο οποίος έχει σαν πρωταρχική του δραστηριότητα την διαχείριση πληροφορίας με την βοήθεια GIS. (Wikipedia, n.d.)

Και όλα αυτά μέχρι πριν λίγο καιρό. Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η αλλαγή των χρηστών από επιτραπέζιους υπολογιστές σε κινητά, έκανε τα GIS πλέον να μετακινηθούν από ένα λογισμικό επιτραπέζιου υπολογιστή που βασιζόταν σε διακομιστή σε ένα καινούργιο λογισμικό όπως είναι το Web GIS και τώρα το GIS για κινητά.

Με αυτές τις εφαρμογές δεν χρειάζεται να δεσμεύεται χώρο στην μνήμη αφού το πρόγραμμα είναι στο cloud και ενημερώνεται αυτόματα από εκεί. Δεν δημιουργείτε πια διάταξη

χάρτη κάθε φορά για την οπτικοποίηση των δεδομένων. Προεπιλεγμένα στυλ χάρτη και πρότυπα είναι διαθέσιμα στο GIS, το οποίο βοηθάει να ανοίξουμε το πρότυπο και να οπτικοποιήσουμε τα δεδομένα μας. (Vardhan, 2016)

(Ενότητα 2.1.β Ιστορική Αναδρομή των GIS)

Ο πρώτος χάρτης στην ιστορία της ανθρωπότητας χαράχθηκε σε μια σπηλιά 30.000 χρόνια πριν από τη γέννηση του Χριστού. Ο άνθρωπος αδιάλειπτα από τότε μέχρι και σήμερα σχεδιάζει χάρτες με διάφορους τρόπους, ιδέες και τεχνικές, προσπαθώντας να αποκτήσει μία εικόνα του κόσμου και να φωτίσει τις διάφορες πτυχές του φυσικού και τεχνητού γήινου περιβάλλοντος.

Οι Ίωνες οι Μιλήσιοι, από τον 7ο αιώνα π.Χ. χρησιμοποιούσαν τα αστέρια και τα συνέδεαν με την επιφάνεια της Γης, με σκοπό τον εντοπισμό της θέσης τους στον χώρο, τον προσανατολισμό και την υποβοήθηση της κίνησης, σχεδιάζοντας ουσιαστικά τον πρόδρομο του σημερινού GPS. Ο πρώτος όμως που έφερε τη χαρτογραφία στον κόσμο της επιστήμης και αναφέρεται ιστορικά ως εκείνος που χάραξε χάρτη του κόσμου σε ορειχάλκινη πλάκα το 550 π.Χ. ήταν ο Αναξίμανδρος ο Μιλήσιος (610-546 π.Χ.), φιλόσοφος, γεωγράφος και αστρονόμος. Γύρω στο 500 π.Χ. έχουμε την πρώτη γνωστή περίπτωση χρήσης γεωγραφικού χάρτη σε ευρωπαϊκό έδαφος, στον χώρο του Αιγαίου. Ο Ηρόδοτος αναφέρει ότι ο τύραννος της Μιλήτου Αρισταγόρας κατέφυγε στη Σπάρτη και παρουσίασε στους Λακεδαιμόνιους χάρτη του τότε γνωστού κόσμου με σκοπό να εκθέσει στον Βασιλιά Κλεομένη την κατάσταση στην Ιωνία και τα προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι ιωνικές πόλεις από την περσική κυριαρχία, παροτρύνοντάς τον να εκστρατεύσει εναντίον των Περσών. (ΓΥΣ, n.d.)

Επίσης την ίδια εποχή γίνεται λόγος ότι χειροποίητα αντικείμενα, όπως πήλινες ταμπλέτες από την Ασσυρία έγιναν με χάρτες ορισμένων βόρειων μεσοποταμικών περιοχών. Αναγνωρισμένα στοιχεία χαρτών και χαρτογράφησης στον δυτικό κόσμο υπάρχουν ήδη από το 12 π.Χ., όταν ο ρωμαϊκός χάρτης δημιουργήθηκε από τον γαμπρό του Αυτοκράτορα Αύγουστου, Μ. Βιψάνιο Αγκρίπα. (MILDRED, 2010)

Η αδήριτη ανάγκη σύνθεσης χαρτών δεν διέφυγε της προσοχής των αρχαίων Ελλήνων. Ο Ερατοσθένης (276-194 π.Χ.) από την Κυρήνη, ένας από τους μεγαλύτερους γεωγράφους της αρχαιότητας, υπολογίζει με εκπληκτικό τρόπο τις διαστάσεις της γης, ενώ ταυτόχρονα επινοεί το σύστημα μεσημβρινών και παραλλήλων, τους οποίους χαράσσει πάνω σε χάρτη. Ο Στράβων (64 π.Χ.-24 μ.Χ.), στο έργο του Γεωγραφικά παρουσιάζει τον πρώτο ποιοτικό και ακριβή παγκόσμιο γεωγραφικό άτλαντα της εποχής του. Ο Αλεξανδρινός Κλαύδιος Πτολεμαίος (100-165 μ.Χ.) με το έργο του Γεωγραφική Υφήγησης, το οποίο αποτελεί τον προάγγελο της επιστημονικής “δια των γεωγραφικών συντεταγμένων” χαρτογραφίας, επηρεάζει σοβαρά την κουλτούρα των χαρτών στη Δύση ενώ παράλληλα επινοεί μια μέθοδο που επέτρεπε την κατασκευή των ακριβέστερων χαρτών που είχε δει μέχρι τότε ο γνωστός κόσμος.

Το τέλος του αρχαίου κόσμου, το οποίο τοποθετείται χρονικά στο τέλος του 4ου αιώνα μ.Χ. με την κατάλυση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας και όλη τη Μεσαιωνική περίοδο (5ος-15ος αιώνας μ.Χ.), αποτελεί μια μακρά περίοδο γενικής πτώσης των επιστημών με αρνητικές συνέπειες και στη Χαρτογραφία η οποία ως επιστήμη παρέμεινε στάσιμη. Πριν να οδηγηθούμε στη δημιουργία του σύγχρονου Ελληνικού κράτους το 1830, στο διάστημα μεταξύ της πτώσης του Βυζαντίου (1453) και της ελληνικής επανάστασης (1821), δύο ακόμα σημαντικοί χαρτογραφικοί σταθμοί έρχονται να συμπληρώσουν την εξελικτική πορεία της αναπαράστασης του ελληνικού γεωγραφικού χώρου.

Ο πρώτος από αυτούς αναφέρεται στη νησιωτική χαρτογραφία που ανθεί μέχρι το τέλος του 17ου αιώνα και κατέχει εξέχουσα θέση ανάμεσα στις διάφορες σχολές της αναγεννησιακής χαρτογραφίας. Οι χάρτες που δημιουργούνται είναι έγχρωμοι και χειρόγραφοι, μεγάλων διαστάσεων και αποδίδουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια τις ακτογραμμές και τα νησιά ενώ

ταυτόχρονα παρέχουν πλήθος γεωγραφικών και ιστορικών πληροφοριών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οι 16 χάρτες των Κυκλάδων που κατασκευάστηκαν μετά από διαταγή του Λουδοβίκου του 14ου, από το 1685 έως το 1687, οι οποίοι αποτελούν υψηλής αισθητικής δείγματα νησιωτικής χαρτογραφίας του 17ου αιώνα. Η αξία τους δεν βασίζεται μόνο στις πληροφορίες που προσφέρουν για τον φυσικό και ανθρωπογενή χώρο του γεωστρατηγικού αρχιπελάγους, αλλά πολύ περισσότερο στην πρωτόγνωρη για την εποχή κλίμακα απεικόνισης και στην αξιοθαύμαστη αποτύπωση της προοπτικής του χώρου.

Ο δεύτερος και τελευταίος σταθμός πριν την ίδρυση του σύγχρονου ελληνικού κράτους αναφέρεται στο κορυφαίο χαρτογραφικό έργο (1796-1797) του Ρήγα Βελεστινλή, την περίφημη Χάρτα, με την οποία ο Ρήγας ουσιαστικά μετουσιώνει χαρτογραφικά το όραμά του για την ανεξαρτησία του γένους.

Οι χαρτογραφικές εξελίξεις μέχρι το 1889 Αμέσως μετά την Παλιγγενεσία, στις αρχές του 19ου αιώνα, φθάνουν στην Πελοπόννησο οι αποστολές του Βρετανικού Ναυαρχείου (1825) και του Γαλλικού εκστρατευτικού σώματος –Expédition de Morée (1829-1838). Μέρος της αποστολής ήταν 17 επιστήμονες, η «επιστημονική αποστολή του Μοριά» (Mission scientifique de Morée), οι οποίοι χαρτογράφησαν την Πελοπόννησο και τα νησιά του Αιγαίου, μελέτησαν τα αρχαία μνημεία και περιέγραψαν τα αποτελέσματα των ερευνών τους σε βιβλία που δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την εποχή. Μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα μόλις τρεις είναι οι βασικοί χάρτες του νέου κράτους οι οποίοι εκδίδονται σε διάστημα μίας εικοσαετίας 1832-1852, με πρωτογενείς ή παράγωγες χαρτογραφικές εργασίες στην Ελλάδα. Το 1832, εκδίδεται πρωτογενώς ο «Χάρτης του Μοριά – Carte de la Morée», από τη γαλλική στρατιωτική χαρτογραφική υπηρεσία (Dépôt de la Guerre), σε έξι φύλλα σε κλίμακα 1:200.000 (+ δύο επιπλέον φύλλα μεγαλύτερης κλίμακας), ο οποίος στάλθηκε στην Ελλάδα το 1834 σε μόλις 100 αντίτυπα για τις ανάγκες του νέου κράτους.

Το 1838 εκδίδεται ο παράγωγος χάρτης, γνωστός και ως «Χάρτης του Aldenhoven» σε δεκαέξι φύλλα και σε κλίμακα 1:400.000, ο οποίος εκτυπώνεται δίγλωσσος (στα Ελληνικά και Γαλλικά) με την ονομασία «Χάρτης του Βασιλείου της Ελλάδας».

Το 1852 τυπώθηκε στο Παρίσι σε 20 φύλλα, από τη Γαλλική Χαρτογραφική Υπηρεσία, σε κλίμακα 1:200.000 ο χάρτης “Carte de la Grèce”, ο οποίος ολοκληρώνει την ελληνική χαρτογραφική περίοδο του Α΄ μισού του 19ου αιώνα, απεικονίζοντας με αυστηρότητα τον χώρο εντός των πρώτων συνόρων του νέου κράτους. Ο χάρτης αυτός ουσιαστικά αποτυπώνει τα αποτελέσματα των γεωδαιτικών μετρήσεων πεδίου που αρχίζουν με την “Expédition” το 1829 και ολοκληρώνονται το 1840.

Το Β΄ μισό του 19ου αιώνα τρία γεγονότα, το κάθε ένα με τη δική του ξεχωριστή σημασία, έρχονται να συμπληρώσουν την εξέλιξη στη χαρτογραφική εικόνα της χώρας.

Παράλληλα, το 1854 ένας γιατρός με το όνομα John Snow δημιούργησε έναν χάρτη για να μπορέσει να αναδείξει το πρόβλημα της χολέρας. Είναι από τα πρώτα παραδείγματα χρήσης γεωγραφικής έρευνας για να κατανοηθεί μια επιδημία υγείας Δεν ήταν μόνο η αρχή της χωρικής ανάλυσης, αλλά σηματοδότησε επίσης ένα εντελώς νέο πεδίο μελέτης: την Επιδημιολογία, τη μελέτη της εξάπλωσης της νόσου. Η δουλειά του Snow έδειξε ότι το GIS είναι ένα εργαλείο επίλυσης προβλημάτων. Έβαλε το τι σε έναν χάρτη για να δείξει το πού και έκανε μια ανακάλυψη που σώζει ζωές... (Dempsey, 2013)



Εικόνα 2 Αρχικός χάρτης Δρ. John Snow με ανάλυση θερμικού χάρτη για την ανάλυση έναντι της θέσης αντλιών νερού

Το 1874 ιδρύεται στην πρωτεύουσα το αθηναϊκό τμήμα του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου, το οποίο με τη χορηγία του πρωσικού Υπουργείου Πολιτισμού υποστηρίζει το 1875 τη διοργάνωση της επιστημονικής αποτύπωσης της Αττικής σε κλίμακα 1:25.000, από τον Λοχαγό του Πρώσικου Στρατού Johann August Kaupert και τον Υπολοχαγό Alten. Το 1878 η εργασία αυτή απεικονίζεται σε δώδεκα φύλλα κλίμακας 1:25.000 με την ονομασία «Άτλας των Αθηνών». Η εργασία αυτή επεκτείνεται για να συμπεριλάβει ολόκληρη την Αττική και το 1894 ολοκληρώνεται η έκδοση σειράς 32 φύλλων χάρτη με τον τίτλο “Karte Von Attica” στην κλίμακα 1:25.000. Η μεγάλη επιχείρηση για τη χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής της Αττικής έχει ιδιαίτερη αξία, καθώς θα αποτελέσει ένα είδος γνωστικού εργαστηρίου για την εξάσκηση και υψηλή επιπέδου μετεκπαίδευση Ελλήνων Αξιωματικών Τοπογράφων.

Το 1884, με βάση τον χάρτη του 1852 και τον χάρτη του Αιγαίου, που είχε ολοκληρώσει και εκδώσει το Βρετανικό Ναυαρχείο (1847), εκδόθηκε από το Κайсарοβασιλικό Στρατιωτικό Γεωγραφικό Ινστιτούτο της Βιέννης, ο «Χάρτης του Βασιλείου της Ελλάδας», σε 13 φύλλα και σε κλίμακα 1:300.000 ενώ το 1885 χαράχθηκε και τυπώθηκε από τον ίδιο εκδότη με γερμανική ονοματολογία ο «Γενικός Χάρτης του Βασιλείου της Ελλάδας» σε κλίμακα 1:200.000. Το 1887 άρχισαν στην περιοχή της Θεσσαλίας οι εργασίες χαρτογράφησης,⁷ από την ομάδα του Ανθυπολοχαγού (ΠΖ) Αλέξανδρου Ν. Μαυροκορδάτου, με σκοπό τη σύνταξη τοπογραφικού χάρτη ακριβείας. Οι εργασίες αυτές αποτελούν τις πρώτες αμιγώς ελληνικές συστηματικές εργασίες και ουσιαστικά συνιστούν τον προάγγελο της μεγάλης χαρτογραφικής επιχείρησης των ετών που θα ακολουθήσουν. (ΓΥΣ, n.d.)

Οι χάρτες ήταν πάντοτε ζωτικής σημασίας εργαλεία για στρατιωτικούς διοικητές, επιτρέποντάς τους να σχηματίσουν μια εικόνα του εδάφους για τον σχεδιασμό της επίθεσης και της άμυνας, αλλά η αξία τους αυξήθηκε περισσότερο από ποτέ κατά τη διάρκεια του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου. Από το 1909-1910 το Βρετανικό Γραφείο Πολέμου είχε συντάξει ενημερωμένους χάρτες στρατιωτικών σειρών της Γαλλίας στο 1:80.000 (GSGS 2526) και του Βελγίου στο 1: 100,000 (GSGS 2364). Αλλά μετά το αρχικό γερμανικό σχέδιο Schlieffen για να

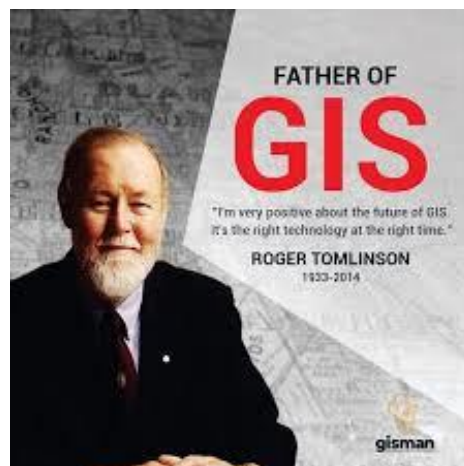
ξεπεράσει το ουδέτερο Βέλγιο και να γκρεμίσει τη Γαλλία το 1914, οι γερμανικοί στρατοί οδηγήθηκαν πίσω σε αμυντικές θέσεις βόρεια του ποταμού Άισν μέχρι τον Αύγουστο. Εκτιμάται ότι πάνω από 34 εκατομμύρια βρετανικοί χάρτες του Δυτικού Μετώπου εκτυπώθηκαν μόνο μεταξύ 1914-18, η συντριπτική πλειοψηφία της Ordnance Survey. Η ακριβής χωρική τοποθέτηση με χρήση χαρτών έγινε απαραίτητη τόσο για αμυντικές όσο και για επιθετικές επιχειρήσεις. (National Library of Scotland, n.d.)

Το 1922 ιδρύεται στις Βρυξέλλες η Διεθνής Γεωγραφική Ένωση και το ίδιο έτος ακολουθεί ο Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος (1940–1945). Εκείνη την περίοδο και συγκεκριμένα το 1941 ο Γερμανός μηχανικός Kohrad Zuse κατασκεύασε μια μηχανή - εργαλείο (υπολογιστής) ο οποίος λειτουργούσε με τον δυαδικό κώδικα (0-1) (Α., 2012). Αυτή ήταν η αρχή των υπολογιστών και από τότε, οι ραγδαίες εξελίξεις αναφέρονται πλέον στις νέες υπολογιστικές περιόδους ή στις λεγόμενες γενιές των υπολογιστών.

Στην σύγχρονη εποχή τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, στηρίζουν την καινοτομία τους, στην ανάπτυξη της Χαρτογραφίας και της Φωτογραμμετρίας, στις δεκαετίες 1940 και 1950 και στην ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, μετά την δεκαετία του 1960 (ESRI Press, 2007).

Το πεδίο των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) ξεκίνησε τη δεκαετία του 1960 καθώς οι υπολογιστές και οι πρώτες έννοιες της ποσοτικής και υπολογιστικής γεωγραφίας εμφανίστηκαν. Η πρώιμη εργασία GIS περιλάμβανε σημαντική έρευνα από την ακαδημαϊκή κοινότητα. Αργότερα, το Εθνικό Κέντρο Γεωγραφικών Πληροφοριών και Ανάλυσης, με επικεφαλής τον Μάικλ Γκούντικλαντ, τυποποίησε την έρευνα σε βασικά θέματα γεωγραφικής επιστήμης, όπως η χωρική ανάλυση και οπτικοποίηση. Αυτές οι προσπάθειες τροφοδότησαν μια ποσοτική επανάσταση στον κόσμο της γεωγραφικής επιστήμης και έθεσαν τα θεμέλια για το GIS.

Το πρωτοποριακό έργο του Roger Tomlinson για την έναρξη, το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του Καναδά Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος οδήγησε στο πρώτο μηχανογραφημένο GIS στον κόσμο το 1963. Η καναδική κυβέρνηση είχε αναθέσει στον Tomlinson να δημιουργήσει έναν διαχειρίσιμο κατάλογο των φυσικών πόρων του. Οραματίστηκε τη χρήση υπολογιστών για τη συγχώνευση δεδομένων φυσικών πόρων από όλες τις επαρχίες. Ο Tomlinson δημιούργησε τη σχεδίαση για αυτοματοποιημένους υπολογιστές για αποθήκευση και επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, τα οποία επέτρεψαν στον Καναδά να ξεκινήσει το εθνικό του πρόγραμμα διαχείρισης της χρήσης γης (esri, <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>). Το CGIS ήταν μια βελτίωση σε σχέση με τις εφαρμογές "χαρτογράφηση υπολογιστών" καθώς παρείχε δυνατότητες για επικάλυψη, μέτρηση και ψηφιοποίηση / σάρωση. Υποστήριζε ένα εθνικό σύστημα συντεταγμένων που εκτείνεται στην ήπειρο, κωδικοποιημένες γραμμές ως τόξα που έχουν πραγματική ενσωματωμένη τοπολογία και αποθήκευε τα χαρακτηριστικά και τις πληροφορίες τοποθεσίας σε ξεχωριστά αρχεία. Ως αποτέλεσμα αυτού, ο Tomlinson έγινε γνωστός ως ο «πατέρας του GIS», ιδιαίτερα για τη χρήση των επικαλύψεων του προώθηση της χωρικής ανάλυσης συγκλίνων γεωγραφικών δεδομένων. Το CGIS διήρκεσε έως τη δεκαετία του 1990 και δημιούργησε έναν μεγάλο ψηφιακό πόρο γης βάση δεδομένων στον Καναδά. Αναπτύχθηκε ως βασικό πλαίσιο σύστημα υποστήριξης του ομοσπονδιακού και επαρχιακού προγραμματισμού πόρων και διαχείρισης. Η ισχύς του ήταν η ανάλυση σε όλη την ήπειρο του συγκροτήματος σύνολα δεδομένων. Το CGIS δεν ήταν ποτέ διαθέσιμο στο εμπόριο. (J.B.Awotumde, S.I. Abdulkadir, O. Folorunsho & N.T. Toye, 2014)



Εικόνα 3 Roger Tomlinson. “Father of GIS”

Η URISA πραγματοποίησε το πρώτο της συνέδριο το 1963 και συνέχισε να διοργανώνει ετήσια συνέδρια μέχρι το παρόν. Αυτά είναι τώρα γνωστά ως GIS-Pro Συνέδρια και το πενήντα πέμπτο ετήσιο συνάντηση πραγματοποιήθηκε στο Τζάκσονβιλ της Φλόριντα, στο 2017. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών η διαδικασία του τα ετήσια συνέδρια της URISA ήταν σημαντική πηγή πληροφοριών σχετικά με τις νέες εξελίξεις στην εξέλιξη των GIS. [15]

Το 1964 ο Χάουαρντ Τ. Φίσερ δημιούργησε ένα από τα πρώτα προγράμματα λογισμικού χαρτογράφησης υπολογιστών γνωστά ως SYMAP. Το 1965, ίδρυσε το Harvard Laboratory for Computer Graphics. Ενώ μερικά από τα πρώτα λογισμικά χαρτογράφησης υπολογιστών δημιουργήθηκαν και βελτιώθηκαν στο εργαστήριο, έγινε επίσης ερευνητικό κέντρο χωρικής ανάλυσης και οπτικοποίησης. Πολλές από τις πρώτες ιδέες για το GIS και τις εφαρμογές της σχεδιάστηκαν στο εργαστήριο από μια ταλαντούχα ομάδα γεωγράφων, σχεδιαστών, επιστημόνων υπολογιστών και άλλων από πολλούς τομείς. (esri, <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>)

Έτσι, το Harvard Laboratory έκανε σημαντικές αλγοριθμικές συνεισφορές και παρήγαγε την ευρέως υιοθετημένη χαρτογράφηση υπολογιστών, εκτός από το SYMAP που προαναφέρθηκε δημιουργήθηκαν και άλλα όπως το CALFORM, SYMVU, GRID, POLYVRT και Odyssey. Τα πρώτα τρία πακέτα χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή χαρτών γραμμικής εκτύπωσης καθώς και 2-D και 3-D διαγραμμάτων, αντίστοιχα, τα οποία υιοθετήθηκαν σε όλα τα πανεπιστήμια της Βόρειας Αμερικής. Ο William Warntz έγινε διευθυντής του Εργαστηρίου του Χάρβαρντ το 1969 και προχώρησε περαιτέρω εννοιολογικές συνεισφορές, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης ότι τα κρίσιμα χαρακτηριστικά των επιφανειών όπως όπως θα μπορούσαν να είναι οι «κορυφές, λάκκοι, περάσματα και χλωμό» χρησιμοποιείται για την παραγωγή τριγωνικού ακανόνιστου δικτύου (TIN) μοντέλα για πιο συμπαγή αποθήκευση των επιφανειακών χαρακτηριστικών διαφόρων τύπων (Warntz και Waters, 1975). (Waters, 2018)

Το 1967 ο Jack Dangermond συνιδρυτής της Esri Inc, ο οποίος είχε σπουδάσει περιβαλλοντική επιστήμη, αρχιτεκτονική τοπίου και αστικό σχεδιασμό κατευθύνθηκε στο Χάρβαρντ, όπου εργάστηκε στο Εργαστήριο Γραφικών Υπολογιστών (IT, 2019). Το 1969, ιδρύθηκε η Esri από τους Jack Dangermond - μέλος του Harvard Lab – και την σύζυγό του Laura ίδρυσαν το Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri). [15]. Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, το Εργαστήριο ανέπτυξε το πρώτο διανυσματικό GIS που ονομάζεται ODYSSEY GIS. (IT, 2019)

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970, η πρόοδος στη μνήμη του υπολογιστή και οι βελτιωμένες δυνατότητες γραφικών υπολογιστών οδήγησαν στη δημιουργία του εμπορικού λογισμικού GIS. Ένας από τους προμηθευτές, ήταν η Esri, η οποία είναι πλέον η μεγαλύτερη εταιρεία λογισμικού GIS στον κόσμο, αναγνωρισμένη ως παγκόσμιος κορυφαίος εμπειρογνώμονας στον κόσμο της GIS, η οποία έχει διαδραματίσει βασικό ρόλο στην ιστορία των GIS. (IT, 2019).

Η Esri ανέπτυξε πολλές από τις μεθόδους χαρτογράφησης GIS και χωρικής ανάλυσης που χρησιμοποιούνται τώρα. Αυτά τα αποτελέσματα δημιούργησαν ένα ευρύτερο ενδιαφέρον για τα εργαλεία λογισμικού και τις ροές εργασίας της εταιρείας που είναι πλέον στάνταρ στο GIS. (esri, <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>)

Το CGIS δεν ήταν η μόνη ομάδα που υιοθέτησε GIS. Το Γραφείο Απογραφής των ΗΠΑ ήταν ένας πρώτος που υιοθέτησε μερικές από τις βασικές αρχές του GIS. Ήταν το πρωτοποριακό έργο του Γραφείου Απογραφής των ΗΠΑ που οδήγησε στην ψηφιακή εισαγωγή της Απογραφής του 1970 χρησιμοποιώντας τη μορφή δεδομένων GBF-DIME (Geographic Base File - Dual Independent Map Encoding).

Το GBF-DIME έγινε μια μορφή αρχείου που υποστηρίζει την εισαγωγή ψηφιακών δεδομένων, την επιδιόρθωση σφαλμάτων και ακόμη και τη χαρτογράφηση των χοροπλαστών. Χρησιμοποιώντας αυτήν τη μορφή, το Γραφείο Απογραφής των ΗΠΑ άρχισε να ψηφιοποιεί τα

όρια, τους δρόμους και τις αστικές περιοχές της Απογραφής. Αυτό ήταν ένα τεράστιο βήμα μπροστά στην ιστορία των GIS.

Η έρευνα Ordnance στο Ηνωμένο Βασίλειο ξεκίνησε επίσης την ανάπτυξη ρουτίνας τοπογραφικών χαρτών. Μέχρι σήμερα, το Ordnance Survey παράγει πολλά διαφορετικά προϊόντα δεδομένων GIS, συμπεριλαμβανομένων κάθε σπιτιού, κάθε φράχτη και κάθε ροής σε κάθε τμήμα της Μεγάλης Βρετανίας.

Σε αυτό το σημείο στην ιστορία του GIS, ήταν στο πρωτοποριακό του στάδιο. Ήταν ακόμη στους τροχούς προπόνησης που άρχισαν να καλλιεργούνται από λίγες μόνο επιλεγμένες εθνικές υπηρεσίες σε όλο τον κόσμο (GISGeography, 2021). Στην Σουηδία, η έρευνα που χρηματοδοτήθηκε από την κυβέρνηση οδηγώντας στην ανάπτυξη της σουηδικής τράπεζας οδικών δεδομένων και άλλων μηχανογραφημένων χωρικών βάσεων δεδομένων (Waters, 2018).

Ένα από τα πιο εξέχοντα και τα πρώτα του υποστηριζόμενο από την κυβέρνηση, mainframe GIS αυτού περιόδου ήταν η διαχείριση του Συστήματος Πληροφοριών γης της Μινεσότα (MLMIS). Αυτό ήταν βασιζόταν σε ράστερ (σε αντίθεση με το διανυσματικά-βασιζόμενο CGIS) απόθεμα πόρων, όπου τα κελιά pixel είχαν ανάλυση 40 στρεμμάτων (16εκτάρια). Από το τέλος αυτής της περιόδου, τέτοια συστήματα mainframe σταδιακά γινόντουσαν ξεπερασμένα, λόγω του υψηλού κόστους συντήρησης, το πρόβλημα της αξιοπιστίας των δεδομένων, ζητημάτων πρόσβασης και της μη-φιλικής προς το χρήστη διασύνδεσης γραμμής. Η εισαγωγή ισχυρών σταθμών εργασίας στις αρχές της δεκαετίας του 1980 οδήγησαν σταδιακά στην κατάρρευση μεγάλων συστημάτων mainframe (Waters, 2018).

Κατά την δεκαετία του 1980, δημιουργήθηκε στην Αμερική ένα δωρεάν πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα. Υπαίτιος ήταν το U.S. Army Corp of Engineering Research Laboratory (USA-CERL). Σ' αυτήν τη δεκαετία, ο Αμερικάνικος Στρατός αναπτύσσει το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης γνωστό ως Global Positioning System (G.P.S.) που αποτελείται από ένα δίκτυο δορυφόρων γύρω από τη Γη για τον εντοπισμό θέσης, ταχύτητας και διανομής χρόνου, και χρησιμοποιείται αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς (προσδιορισμό στρατιωτικών στόχων, καθοδήγηση αεροπλάνων, πλοίων, πυραύλων σε παγκόσμια κλίμακα) και στη συνέχεια για εφαρμογές σε μετρήσεις Γεωδαισίας, Γεωδυναμικής (παρακολούθηση μετακινήσεων στερεού φλοιού της Γης), Υδρογραφίας κ.λπ.. (Zeger, A. and D.I. Smith, 2003)

Το 1982, η Esri κυκλοφόρησε το ARC / INFO, το πρώτο διαφημιστικό GIS. Το ARC / INFO προσάρμοσε το CGIS μοντέλο χειρισμού των χωρικών και χαρακτηριστικών δεδομένων χωριστά. Χρησιμοποιήθηκε η τοπολογία του Esri με δομή ARC ενώ η CGIS αποθήκευε στη σχεσιακή βάση δεδομένων INFO. Το 1986, η Esri κυκλοφόρησε το PC ARC / INFO λόγω της δημοτικότητάς του επιτραπέζιου υπολογιστή IBM PC και ανέπτυξε επίσης μια τρισδιάστατη έκδοση που ονομάζεται GRID TOPO. (Waters, 2018)

Το 1990 το Γραφείο Απογραφής των ΗΠΑ (USA Census Bureau) παρουσίασε το σύστημα αρχείων TIGER. Αυτό, μαζί με το γεγονός ότι τα δεδομένα από το Γραφείο Απογραφής ήταν ελεύθερα διαθέσιμα, ενίσχυσε περαιτέρω η βιομηχανία γεωδημογραφίας των ΗΠΑ, αν και μόνο σε ομοσπονδιακό επίπεδο. (J T COPPOCK AND D W RHIND, 2013)

Ωστόσο, δεν εξαρτώνται όλες οι εξελίξεις σε αυτές τις χώρες από την εξωτερική υποστήριξη. Στη Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας, όπου ξεκίνησε η εργασία με ψηφιακή χαρτογράφηση το 1972 και ταινίες δορυφορικών εικόνων είχαν αποκτηθεί έως το 1975, ένα συνέδριο στην Ακαδημία Sinica το 1980 με σκοπό τη δημιουργία μιας ομάδας εργασίας στο GIS και σε μια σειρά από περιφερειακές πρωτοβουλίες. Τσεν Σούπενγκ

(1987) έχει συνοψίσει τις πολυάριθμες εξελίξεις έκτοτε, που σχετίζονται κυρίως με την πρόβλεψη και τη διαχείριση περιβαλλοντικών κινδύνων και πραγματοποίησε μικροϋπολογιστές.

Για πληρότητα, πρέπει να γίνεται αναφορά στις προσπάθειες πολυεθνικών και παγκόσμιων GIS. Φυσικά, τα προβλήματα ανάπτυξης και εφαρμογής των GIS πέρα από τα εθνικά σύνορα αντικατοπτρίζουν, σε υπερβολική μορφή, εμπειρίες μέσα

κάθε χώρα (περιβόητα εκείνες στις Ηνωμένες Πολιτείες) μιας έλλειψης αντιστοιχίας μεταξύ συστημάτων χαρτογράφησης, συλλογής δεδομένων και παρόμοιων.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕC) προσπάθησε να αναπτύξει ένα συντονισμένο σύστημα περιβαλλοντικής χαρτογράφησης για ολόκληρη την κοινότητα. Η κύρια έμφαση που δόθηκε μέχρι σήμερα ήταν η συλλογή και η αξιολόγηση συγκρίσιμων δεδομένων για τις χώρες που αποτελούν τη χώρα και σε λογισμικό για τον χειρισμό τους (Wiggins et al. 1987). (J T COPPOCK AND D W RHIND, 2013)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο αριθμός των εταιριών που παράγουν λογισμικά καταγραφής, έχει αυξηθεί σημαντικά. Ιδιωτικές και δημόσιες εταιρίες αναπτύσσουν λογισμικά που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό και εγκατάσταση μονάδων, για την διαχείριση χρήσεων γης αλλά και για τις ανάγκες ιδιωτικών επιχειρήσεων χαρτογράφησης.

Στην σύγχρονη εποχή, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν πρακτικά ψηφιοποιηθεί στο μεγαλύτερο μέρος τους. Ο κάθε χρήστης και διαχειριστής, μπορεί να καθορίζει τι ζητάει από το σύστημα που δουλεύει και αναμένει τα αντίστοιχα αποτελέσματα από αυτό. Σήμερα, υπάρχουν στην αγορά GIS, που έχουν αναπτυχθεί από διαφορετικές εταιρείες, όμως όλα λειτουργούν με βάση την ίδια φιλοσοφία και τις ίδιες αρχές, έχουν παρόμοιες δυνατότητες και τηρούν συγκεκριμένα πρότυπα που υπαγορεύονται από τη διεθνή οργάνωση “Open G.I.S.” [57]. Επίσης, η αλματώδης ανάπτυξη και διάδοση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones) καθώς και των cloud υπηρεσιών έδωσε τη δυνατότητα εξάπλωσης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών όχι μόνο σε όλες τις συσκευές, φορητές ή μη, αλλά και στο ευρύ κοινό, με αποτέλεσμα τη συνεχή προσπάθεια αναβάθμισης των δυνατοτήτων τους λόγω της αυξανόμενης ζήτησής του (S. Shekhar et al., August 6-9, 1995).

Οι εξελίξεις στο GIS αντικατοπτρίζουν τις εξελίξεις στο στον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών. Κατά τη διάρκεια αυτού περιόδου, τα συστήματα mainframe είχαν δώσει τη θέση τους μικροϋπολογιστές με βάση την κοινή χρήση χρόνου και τελικά, σε επιτραπέζιους μικροϋπολογιστές, φορητούς υπολογιστές, και δισκία, επιτρέποντας τη σταδιακή κίνηση του Λογισμικού GIS σε αυτές τις νέες πλατφόρμες υπολογιστών.

Το 1974, το πρώτο συνέδριο Auto-Carto πραγματοποιήθηκε. Αυτά τα συνέδρια πραγματοποιούνται τώρα ανά διετία και χρηματοδοτείται από τη Χαρτογραφία και Κοινωνία Πληροφοριών Γεωγραφίας. Ομοίως, στην Ευρώπη, μια σειρά από 14 συναντήσεις EuroCarto πραγματοποιήθηκαν από το 1981 έως το 1997. Το 2015, αυτές τα συνέδρια επανεμφανίστηκαν υπό τη χορηγία της Διεθνούς Χαρτογραφικής Ένωσης (ICA) ως το 1ο Ευρωπαϊκό Συμπόσιο ICA στις Χαρτογραφία (EuroCarto 2015).

(Ενότητα 2.1.γ Πορεία των GIS στην Ελλάδα)

Η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) αποτελεί τον πρώτο δημόσιο φορέα που εγκατέστησε γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών στην Ελλάδα, γύρω στα 1985. Κατόπιν ακολούθησαν και άλλες δημόσιες υπηρεσίες (ΥΠΕΧΩΔΕ, Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογράφησης της Ελλάδας, ΙΓΜΕ, Δημόσιες Υπηρεσίες ΟΤΑ, κ.λπ.) και πανεπιστήμια (Α.Π.Θ., Ε.Μ.Π., Πανεπιστήμιο Πατρών, κ.λπ.). Τα επόμενα χρόνια έγιναν προσπάθειες για τη χρήση των ΣΓΠ σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι συνέπειες από φυσικά φαινόμενα και καταστροφές με πρώτη την Καλαμάτα, που εγκατέστησε ΣΓΠ μετά τους σεισμούς για την πολεοδομική ανασυγκρότηση το 1987 (ΧΡΙΣΤΙΝΑ-ΙΩΑΝΝΑ, 2016). Επιπλέον, το 1989 αναπτύσσονται στην χώρα οι πρώτες ιδιωτικές εταιρίες και γραφεία με σκοπό την εξυπηρέτηση όσων ασχολούνται με τα Γεωγραφικά Συστήματα (ΓΥΣ, n.d.).

Με απαρχή την δεκαετία του 1990, παρουσιάζονται οι Μη Κυβερνητικοί Οργανισμοί (Non Governmental Organizations-NGO s) με σκοπό την ενεργή συμμετοχή και ευαισθητοποίηση των πολιτών σε διάφορους τομείς προστασίας της φύσης (της άγριας πανίδας και χλωρίδας) και της διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος, εισάγοντας τα GIS. σαν απαραίτητο εργαλείο ανάλυσης

περιβαλλοντικών θεμάτων και υποστήριξης λήψης αποφάσεων και μέτρων διαχείρισης (WWF, EKBY, MOM, Αρκτούρος, κ.ά.) (ΓΥΣ, n.d.).

Το 1991 πραγματοποιήθηκε στην πρωτεύουσα η πρώτη συνάντηση Ελλήνων χρηστών του Arc/INFO και τον αμέσως επόμενο χρόνο, για πρώτη φορά το Ελληνικό Δημόσιο, σε πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος για την εκπόνηση Ειδικής Χωροταξικής Μελέτης, αναφέρει την απαραίτητη συνεργασία με εξειδικευμένους στα ΣΓΠ επιστήμονες. Η ΓΥΣ σε διαφημιστικά φυλλάδια αναφέρεται στη διάθεση ψηφιακών δεδομένων κατάλληλης μορφής με σκοπό την εισαγωγή τους σε ΣΓΠ. (Καϊμάρης και Καρανικόλας, 2012) (ΧΡΙΣΤΙΝΑ-ΙΩΑΝΝΑ, 2016).

Τα προβλήματα της ανάπτυξης και εφαρμογής των ΣΓΠ πέρα από τα εθνικά σύνορα αντικατοπτρίζουν τις εκάστοτε εμπειρίες της κάθε χώρας στην αδυναμία επικοινωνίας μεταξύ των συστημάτων χαρτογράφησης, συλλογής δεδομένων κλπ. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσπάθησε να δημιουργήσει ένα συντονισμένο σύστημα χαρτογράφησης για όλους που εστίασε στη συγκέντρωση και αξιολόγηση των συγκριτικών δεδομένων και του λογισμικού διαχείρισης τους. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η διαθεσιμότητα των δεδομένων από δορυφόρο απασχόλησε σε μεγάλο βαθμό το παγκόσμιο περιβάλλον με τέτοιες χαρτογραφικές βάσεις δεδομένων. (Καλαβρουζιώτης, 2013) (ΧΡΙΣΤΙΝΑ-ΙΩΑΝΝΑ, 2016)

Ο Δημόσιος Φορέας της Ελλάδας, το 1992, στα πλαίσια εκδήλωσης ενδιαφέροντος για την εκπόνηση Ειδικής Χωροταξικής Μελέτης, προϋποθέτει την συνεργασία με εξειδικευμένους επιστήμονες στα GIS. Την ίδια χρονιά, η Γ.Υ.Σ.. ανακοινώνει τη διάθεση ψηφιακών δεδομένων σε κατάλληλο format για ευρεία χρήση και προσθήκη στα Γεωγραφικά Συστήματα.

Το 1995 ο Ο.Κ.Χ.Ε. ξεκινά την υλοποίηση του Εθνικού Κτηματολογίου όπου βασική σημασία για την επιτυχή εφαρμογή του αποτελεί η ανάπτυξη ενός GIS. Το 1996 ξεκινά η ανάπτυξη GIS που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες του Οργανισμού Αποχέτευσης της Θεσσαλονίκης και προβλέπεται η δημιουργία ενός ψηφιακού υποβάθρου κλίμακας 1:500 για το Πολεοδομικό Συγκρότημα της Θεσσαλονίκης. Πολλά ερευνητικά προγράμματα υλοποιήθηκαν και υλοποιούνται συνεχώς, κυρίως από ΑΕΙ, συγχρηματοδοτούμενα από την Ευρωπαϊκή Ένωση προσθέτοντας πολύτιμη εμπειρία και γνώσεις στους Έλληνες ερευνητές και μελετητές.

Με την εμφάνιση του Internet δημιουργήθηκαν οι πρώτοι Ελληνικοί Διδικτυακοί Εξυπηρετητές (Servers) με χρήση περιορισμένων αλληλεπιδραστικών (Interactive) εφαρμογών GIS (ΓΥΣ, n.d.).

(Ενότητα 2.1.δ Τα GIS Σήμερα)

Σήμερα, το GIS είναι μια βιομηχανία πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων, με δισεκατομμύρια που δαπανώνται ετησίως για απόκτηση δεδομένων, διάδοσης, ανάπτυξης λογισμικού και εφαρμογών. Έχει διεισδύσει σχεδόν σε όλους τους κλάδους που απασχολούνται σε οποιονδήποτε κλάδο αυτή την χρονική περίοδο στην Γη, από την ατμοσφαιρική επιστήμη μέχρι την ωκεανογραφία έως την εγκληματολογία και την ιστορία. Δεκάδες χιλιάδες παρακολουθούν μαθήματα στο GIS κάθε χρόνο, και εκατομμύρια εκτίθενται σε GIS μέσω αυτών υπηρεσίες ως Mapquest (<http://www.mapquest.com>). Εκατομμύρια περισσότεροι κάνουν χρήση του Παγκόσμιου Συστήματος εντοπισμού θέσης. Η αντικειμενοστραφής προσέγγιση κυριαρχεί τώρα στη μοντελοποίηση δεδομένων GIS. Η πρώτη του αρχή είναι ότι κάθε χαρακτηριστικό στην επιφάνεια της Γης είναι μια παρουσία μιας τάξης, και η δεύτερη είναι οι τάξεις μπορεί να είναι εξειδικεύσεις γενικότερων τάξεων. Πλέον δημοσιευμένες μέθοδοι χωρικής ανάλυσης μπορούν να βρεθούν εφαρμοσμένες στα τυποποιημένα προϊόντα εμπορικών προμηθευτών GIS ή στις επεκτάσεις αυτών των προϊόντων που προσφέρονται από τρίτους. Μια ποικιλία προϊόντων GIS και οι επεκτάσεις είναι επίσης διαθέσιμες ως ανοιχτές λογισμικό ή δωρεάν λογισμικό, μέσω ακαδημαϊκών και άλλων οργανισμών και κοινοτήτων. Η βιομηχανία GIS έχει υιοθετήσει πρόσφατα προσεγγίσεις βασισμένες σε στοιχεία για λογισμικό, καταργώντας τα προηγουμένως μονολιθικά πακέτα σε

συγκεντρώσεις επαναχρησιμοποιήσιμων στοιχείων. Αυτό έχει τεράστια πλεονεκτήματα στην ενσωμάτωση του GIS με άλλες μορφές λογισμικού που χρησιμοποιήστε τα ίδια πρότυπα, ιδιαίτερα τις ηλικίες συσκευασίας για στατιστική ανάλυση (Ungerer και Goodchild, 2002). Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στην υποστήριξη της εκπροσώπησης της διακύμανσης στο χωρόχρονο και σε τρεις χωρικές διαστάσεις (Michael F. Goodchild, Robert P. Haining, 2003).

(Ενότητα 2.1.ε. Δομικά Μέρη ενός GIS)

Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) ενσωματώνει υλικό, λογισμικό και δεδομένα για την λήψη, την διαχείριση, την ανάλυση και την εμφάνιση όλων των μορφών γεωγραφικά αναφερόμενων πληροφοριών. Επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν, να κατανοούν, να ερμηνεύουν και να απεικονίζουν δεδομένα με πολλούς τρόπους, τα οποία συλλέγονται μέσα από την οργανωμένη συλλογή υλικού υπολογιστών, λογισμικού, γεωγραφικών δεδομένων και προσωπικού, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για την αποτελεσματική καταγραφή, αποθήκευση, ενημέρωση, ανάλυση και εμφάνιση όλων των μορφών αυτών των γεωγραφικών πληροφοριών (LEENA KANICKARAJ, 2018).

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι απόρροια συλλογής πέντε βασικών στοιχείων:

- τα μηχανικά μέρη (hardware),
- το λογισμικό (software),
- τα δεδομένα (data),
- τους χρήστες (users)
- τις μεθόδους (methods).



Εικόνα 4 Δομικά Μέρη GIS

(Υποενότητα 2.1.ε.ι. Μηχανικά μέρη (υλικό) - Hardware.)

Το υλικό είναι ο κύριος τεχνικός εξοπλισμός, ο οποίος απαιτείται για την αποτελεσματική λειτουργία ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Στην σημερινή

εποχή το λογισμικό GIS εκτελείται σε ένα ευρύ φάσμα τύπων υλικού, από κεντρικούς διακομιστές υπολογιστών έως επιτραπέζιους υπολογιστές που χρησιμοποιούνται σε αυτόνομες ή δικτυωμένες διαμορφώσεις (Caitlin Dempsey, 2019).

(Υποενότητα 2.1.ε.ii Λογισμικό - Software.)

Παρέχει τις λειτουργίες και τα εργαλεία που απαιτούνται για την αποθήκευση, ανάλυση και την εμφάνιση γεωγραφικών πληροφοριών. Τα βασικά στοιχεία λογισμικού είναι:

- Εργαλεία για την εισαγωγή και χειραγώγηση γεωγραφικών πληροφοριών.
- Ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS).
- Εργαλεία που υποστηρίζουν γεωγραφικό ερώτημα, ανάλυση και απεικόνιση.
- Ένα γραφικό περιβάλλον εργασίας χρήστη (GUI) για εύκολη πρόσβαση σε εργαλεία (Caitlin Dempsey, 2019).

Κάποια εμπορικά λογισμικά Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον είναι το Arc/Info της Environmental Systems Research Institute (ESRI), το οποίο καλύπτει τις υψηλές απαιτήσεις των χρηστών της στην Ελληνική αγορά. Όπως επίσης είναι και το Modular GIS Environment (MGE) της Integrgraph.

(Υποενότητα 2.1.ε.iii Δεδομένα - data)

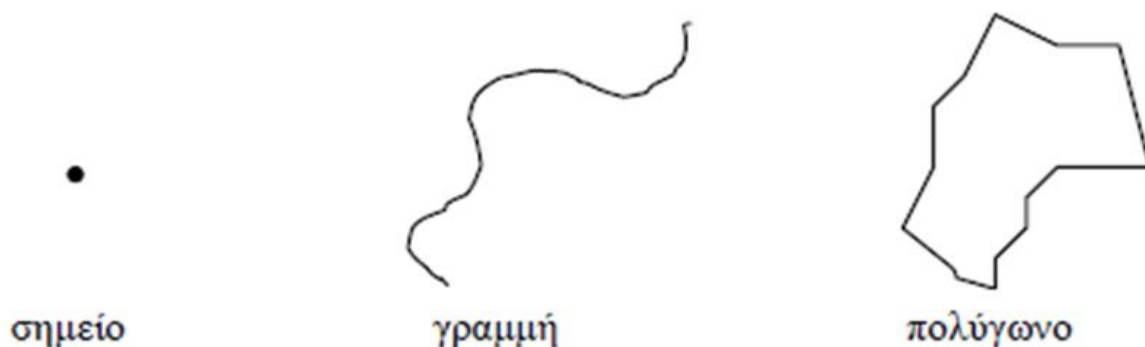
Τα δεδομένα (data) αποτελούν το πιο βασικό συστατικό ενός GIS. Τα γεωγραφικά δεδομένα και τα σχετικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μορφή πίνακα και μπορούν να συλλεχθούν στο εσωτερικό ή να αγοραστούν από έναν πάροχο εμπορικών δεδομένων. Ένα GIS μπορεί να ενσωματώσει χωρικά δεδομένα με άλλους πόρους δεδομένων και μπορεί ακόμη και να χρησιμοποιήσει ένα DBMS¹, που χρησιμοποιείται από τους περισσότερους οργανισμούς για την οργάνωση και τη διατήρηση των δεδομένων τους, για τη διαχείριση χωρικών δεδομένων (Caitlin Dempsey, 2019).

Για να μπορέσει ένα σύνολο δεδομένων να αναλυθεί και να αποθηκευτεί σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα, θα πρέπει να γίνει με δύο διαφορετικούς τρόπους. Οι δύο πιο σχετικές προσεγγίσεις για την αναπαράσταση των δεδομένων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: είτε διανυσματικά (vector) είτε σαν ψηφιδωτής μορφής (raster). Η απεικόνιση μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε από τους δύο τρόπους, όπως επίσης και με τους δύο ταυτόχρονα (William F. Wiecezorek, Alan M. Delmerico, 2010).

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι διανυσμάτων στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS):

- Τα σημεία
- Οι γραμμές
- Τα πολύγωνα

¹ DBMS: Είναι **Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων**, τα οποία αναφέρονται στην χρήση της τεχνολογίας σαν μέσο βελτιστοποίησης, διαχείρισης και ανάκτησης δεδομένων από βάσεις δεδομένων.



Εικόνα 5 Κατηγορίες χωρικών δεδομένων

Επίσης, τα διανυσματικά δεδομένα χρησιμοποιούν σημεία και τα αντίστοιχα ζεύγη συντεταγμένων X, Y για να αντιπροσωπεύσουν τις κορυφές των χωρικών χαρακτηριστικών. Τα χαρακτηριστικά δεδομένων αυτών των δυνατοτήτων αποθηκεύονται στη συνέχεια σε ένα ξεχωριστό σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων. Οι χωρικές πληροφορίες και οι πληροφορίες χαρακτηριστικών για αυτά τα μοντέλα συνδέονται μέσω ενός απλού αριθμού ανάγνωσης που δίνεται σε κάθε χαρακτηριστικό ενός χάρτη [31].

(Υποενότητα 2.1.ε.iv Οι χρήστες – Users)

Οι χρήστες αυτοί είναι τεχνικά πρόσωπα, τα οποία σχεδιάζουν, διατηρούν και χρησιμοποιούν ένα σύστημα GIS. Τα άτομα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε:

- ο Απλούς χρήστες, οι οποίοι χρησιμοποιούν τα GIS μόνο για αναφορά.
- ο Γενικούς χρήστες, οι οποίοι το χρησιμοποιούν για υπηρεσίες, επιχειρήσεις, καθώς και για λήψη αποφάσεων.
- ο Ειδικούς χρήστες, οι οποίοι είναι οι πλέον αρμόδιοι και οι οποίοι διατηρούν, επεξεργάζονται και αναλύουν γεωγραφικά δεδομένα, καθώς επίσης είναι και αυτοί οι οποίοι μπορούν να παρέχουν την τεχνική υποστήριξη αυτού του συστήματος (Staff Reporter, 2017).

(Υποενότητα 2.1.ε.v Μέθοδοι – Methods)

Όπως σε όλους τους οργανισμούς που απασχολούνται με την εξελιγμένη τεχνολογία, τα νέα εργαλεία μπορούν να ενσωματώνονται καλά μόνο εάν ενσωματώνονται σωστά σε ολόκληρη την επιχειρηματική στρατηγική και λειτουργία. Έτσι, για να λειτουργήσει ένα Σύστημα GIS σωστά θα πρέπει όχι μόνο να γίνουν οι απαραίτητες επενδύσεις στο Υλικό, Λογισμικό και στα Δεδομένα, αλλά επίσης απαιτεί και κατάλληλη γνώση για την χρήση της τεχνολογίας GIS. Οι μέθοδοι είναι η διαδικασία που ακολουθείται για να απαντηθεί η ερώτηση που πρέπει να επιλυθεί. Η μέθοδος στο GIS περιλαμβάνει τον τρόπο πρόσβασης, αποθήκευσης, διαχείρισης, επεξεργασίας, ανάλυσης και τέλος της παρουσίασης ως εξόδου για συγκεκριμένη εφαρμογή (Staff Reporter, 2017).

(Ενότητα 2.1.στ Βασικές Λειτουργίες ενός GIS)

Οι βασικές λειτουργίες ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι: η συλλογή και εισαγωγή των δεδομένων, η αποθήκευση και η ανάκτηση των δεδομένων, η επεξεργασία και η μοντελοποίηση τους και τέλος η ίδια η παρουσίαση των δεδομένων που αναλύθηκαν.

(Ενότητα 2.1.ζ Συλλογή, κωδικοποίηση και εισαγωγή δεδομένων)

Οι πηγές από όπου μπορούν να συλλεχθούν τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα Σύστημα είναι διαφορετικές (πχ. χάρτες, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, πίνακες). Μπορεί να αφορούν διαφορετικές χωρικές θέσεις και χρονικές στιγμές και να συλλέγονται είτε σε αναλογική είτε σε ψηφιακή μορφή. Εξυπακούεται, ότι κατά τη συλλογή δεδομένων καταβάλλεται προσπάθεια ώστε αυτά να είναι λεπτομερή και ακριβή, γιατί αυτό αποτελεί τη βάση για την αντικειμενικότητα και την ισχύ των πορισμάτων σε κάθε επιστημονικό κλάδο.

Οι λειτουργίες του GIS πρέπει να αναδεικνύουν τις επιστήμες από όπου προέρχονται τα δεδομένα από όλες τις απόψεις (γεωμετρία, τοπολογία, θεματικός χώρος και μεταδεδομένα). Παραδείγματα αποτελούν: η διανυσματική ψηφιοποίηση των ήδη υπαρχόντων χαρτών με τη χρήση μιας ποικιλίας τρόπων, η σάρωση των υπαρχόντων χαρτών σε διάφορες αναλύσεις και με διάφορα βάθη χρώματος, η χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων και μεταδεδομένων ή η συλλογή δεδομένων GPS για τον υπολογισμό της γεωμετρίας των γεωαντικειμένων.

Η διαδικασία εισαγωγής ξεκινά από τη στιγμή που τα πρωτογενή στοιχεία θα συλλεχθούν και θα πιστοποιηθούν ως προς την αξιοπιστία και την πληρότητά τους. Η πιστοποίηση λαμβάνει χώρα μέσω διαδικασιών τροποποίησης της μορφής τους, στην περίπτωση που έχουν διαφορετική δομή ή είναι καταγεγραμμένα σε διαφορετικά είδη αποθήκευσης, και μέσω εντοπισμού και διόρθωσης σφαλμάτων. Υπάρχουν πολλοί τρόποι εισαγωγής δεδομένων και η επιλογή του κατάλληλου εξαρτάται από το είδος των δεδομένων.

Η εισαγωγή και η εξαγωγή δεδομένων γίνεται ακόμα πιο δύσκολη, εξαιτίας της έλλειψης μια κοινής φόρμας δεδομένων και της ασυμβατότητας των δεδομένων.

Η τεχνολογία GIS εφαρμόζει τη γεωγραφική επιστήμη με εργαλεία κατανόησης και συνεργασίας. Βοηθά τους ανθρώπους να επιτύχουν ένα κοινό στόχο: να αποκτήσουν πληροφορίες με δυνατότητα δράσης από όλους τους τύπους δεδομένων.

Χάρτες

Οι χάρτες είναι το γεωγραφικό κοντέινερ για τα επίπεδα δεδομένων και τα αναλυτικά στοιχεία με τα οποία θέλουμε να εργαστούμε. Οι χάρτες GIS μοιράζονται και είναι προσβάσιμοι από σχεδόν όλους, παντού.

Δεδομένων

Το GIS ενσωματώνει πολλά διαφορετικά είδη επιπέδων δεδομένων χρησιμοποιώντας χωρική θέση. Τα περισσότερα δεδομένα έχουν ένα γεωγραφικό στοιχείο. Τα δεδομένα GIS περιλαμβάνουν εικόνες, δυνατότητες και βασικούς χάρτες που συνδέονται με υπολογιστικά φύλλα και πίνακες.

Χωρική Ανάλυση

Η χωρική ανάλυση επιτρέπει την αξιολόγηση της καταλληλότητας και της ικανότητας, της εκτίμησης και της πρόβλεψης, της ερμηνείας και της κατανόησης, του δανεισμού ιδεών νέων προοπτικών στην διορατικότητα και στην λήψη αποφάσεων.

3D GIS

Το 3D GIS φέρνει πραγματικό περιβάλλον στους χάρτες και τα δεδομένα, μετατρέποντας άμεσα τα δεδομένα σε έξυπνα μοντέλα 3D και απεικονίσεις που βοηθούν την ανάλυση και την επίλυση των προβλημάτων, έτσι ώστε να μπορούν να μοιραστούν οι ιδέες και οι έννοιες με την ομάδα και τον πελάτη.

Εφαρμογών

Οι εφαρμογές παρέχουν εστιασμένες εμπειρίες χρήστη για την εργασία και τη λειτουργία του GIS για όλους. Οι εφαρμογές GIS λειτουργούν σχεδόν παντού: στα κινητά τηλέφωνα, στα ταμπλετ, στα προγράμματα περιήγησης Web και τους επιτραπέζιους υπολογιστές.

Εικόνες και τηλεσκοπική

Το GIS παρέχει όλα όσα χρειαζόμαστε για να διαχειριστούμε και να εξάγουμε απαντήσεις από εικόνες και δεδομένα από απόσταση. Περιλαμβάνει εργαλεία εικόνων και ροές εργασίας για οπτικοποίηση και ανάλυση και πρόσβαση στη μεγαλύτερη συλλογή εικόνων στον κόσμο. [8]

(Ενότητα 2.1.η Αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων)

Η αποθήκευση των δεδομένων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες διαδικασίες και θέλει σωστή οργάνωση, προκειμένου να είναι δυνατή η βέλτιστη διαχείριση της αποθηκευμένης πληροφορίας. Η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται με ομαδοποίηση όμοιων στοιχείων, με σκοπό την αποδοτικότερη και απρόσκοπτη περαιτέρω διαχείριση και ανάλυσή τους. Τα δεδομένα μπορεί να αποθηκεύονται είτε σε εσωτερική (ενσωματωμένη στο λογισμικό) βάση δεδομένων, είτε σε εξωτερική βάση δεδομένων, γεγονός που πραγματοποιείται μέσω της χρήσης ειδικών λογισμικών Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (DBMS: Data Base Management Systems, RDBMS: Remote Data Base Management Systems). Τα συστήματα αυτά, προσφέρουν αποθήκευση, ενημέρωση και ανάκληση των δεδομένων καταγραφής. Τέλος, πρέπει να εκτελεί ελέγχους ασφαλείας για την πρόσβαση στα δεδομένα και την προστασία της ακεραιότητας των δεδομένων.

(Ενότητα 2.1.θ Βασικές Εφαρμογές GIS)

Κάποιες από τις εφαρμογές που υλοποιούνται μέσω των GIS είναι:

- Τα GPS του αυτοκινήτου, μέσα από τα οποία γίνεται χρήση δορυφόρων για τον προσδιορισμό της θέσης του χρήστη και τον κατευθύνει προς τον προορισμό που έχει επιλέξει.
- Εφαρμογή Delivery επιχειρήσεων εστίασης, μέσα από την οποία μια ηλεκτρονική ή τηλεφωνική παραγγελία, γίνεται αναγνώριση του τηλεφώνου ή της διεύθυνσης χρήστη και η καταγραφή απευθείας της διεύθυνσης παραγγελίας.
- Καταχώρηση εμπορικού καταστήματος σε καταστήματος σε κάποια ιστοσελίδα GIS, όπως Google Earth, drive me, ploigos κ.α.
- Παραγωγή και πώληση Γεωγραφικών δεδομένων είτε απευθείας, είτε μέσω ηλεκτρονικού καταστήματος π.χ. ΓΥΣ.
- Σε τομείς Υγείας χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπίσουν και να προβάλλουν πιθανές απειλές. Μέσα από τις βάσεις δεδομένων ασθενών μπορούν να ενημερώνονται για τη διάδοση-μετανάστευση αυτών και την χωρική συσχέτιση των προσβεβλημένων ατόμων. Κάτι το οποίο είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο τον τελευταίο καιρό και λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών των οποίων διανύουμε.
- Σε Υπηρεσίες του Κράτους, όπως για την εμφάνιση των ορίων των Καλλικρατικών Δήμων, τον προσδιορισμό των αντικειμενικών αξιών των ακινήτων, την επιβολή των φόρων ακινήτων με βάση τη κατοικήσιμη ζώνη που υπάγεται, την δήλωση Κτηματολογίου, καθώς και πολλές άλλες Υπηρεσίες του Κράτους.
- Σε εταιρίες πώλησης ακινήτων, καθώς και κινητών αντικειμένων, ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί η ακριβής τοποθεσία τους.
- Οι τράπεζες ήταν οι πρώτες που εισήγαγαν τις εφαρμογές GIS στο Διαδίκτυο, ώστε να μπορούν οι πελάτες της να αναζητάνε τα ATM που βρίσκονται κοντά στην περιοχή (Παρασκευάς Μελισσινός, Μάιος 2013).
- Με βάση μελέτες χρησιμοποιήθηκε και η χωρική κατανομή των γεωμορφολογικών στοιχείων της εκάστοτε περιοχής, ώστε να μπορέσει να γίνει η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Henderson-Sellers, A. and K. McGuffie, 2011).
- Για Γεωλογικούς σκοπούς, όπως για την ανακάλυψη αρχαιολογικών χώρων, κοιτασμάτων που ανακαλύπτονται καθώς και φυσικών καταστροφών, όπως είναι η

κατολισθήσεις, καταγραφή ενεργών ρηγμάτων, ενεργειακοί ενεργοί κρατήρες και άλλα φυσικά φαινόμενα.

- Την εγκατάσταση δικτύων ύδρευσης, δικτύου, καθώς και την καταγραφή των απαραίτητων εργασιών συντήρησης του.
- Τις Κλιματολογικές αλλαγές, καθώς και πιθανές αλλαγές στο κλίμα.

Η παρακάτω εικόνα (Εικόνα 6) έρχεται για να ολοκληρώσει την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε παραπάνω και αφορά την χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, σε όλους τους τομείς της σύγχρονης ζωής.

Τομέας δραστηριότητας	Εφαρμογές
Επιχειρήσεις	Τράπεζες και Ασφάλειες
	MME
	Real Estate
	Retail Business
Επικοινωνίες	Υπηρεσίες προσδιορισμού θέσης
	Σχεδίαση και ανάλυση δικτύων
Στρατός- Άμυνα	Βελτιστοποίηση Επιχειρήσεων
	Προγραμματισμός Προμηθειών
	Συστήματα Διοίκησης & Ελέγχου (C4ISR)
Δημόσια Διοίκηση	Κυβερνητικές υπηρεσίες (ΥΠΕΧΩΔΕ, Υπ. Υγείας κ.ά.)
	Πολιτική Προστασία (Διαχείριση Πυρκαγιών, σχέδια εκκενώσεως περιοχών, άμεση επέμβαση και βοήθεια κ.ά.)
Επιχειρήσεις Κοινής Ωφέλειας	Διαχείριση δικτύων νερού, ηλεκτρικού, φυσικού αερίου και τηλεφώνου
Ανάλυση μολυσμένων χώρων	
Ανάλυση περιβαλλοντικού κινδύνου	
Περιβάλλον – Διαχείριση Φυσικών Πόρων	Διαχείριση δασών, αγροτικών περιοχών, υδροβιότοπων
	Διαχείριση ορυχείων μεταλλείων
	Κτηματολόγιο – Χρήση Γης
	Εφαρμογές κτηματολογίου (ιδιοκτησία και δικαιώματα γης, φορολογία, εκτίμηση γης, μεγιστοποίηση χρήσης γης κτλ.
Μεταφορές	Δρομολόγηση και διαχείριση στόλου οχημάτων
	Ανάλυση κίνησης, επιλογή δρομολογίων κτλ

Εικόνα 6 Εφαρμογές των GIS ανά τομέα δραστηριότητας

(Ενότητα 2.1.ι Άλλες Εφαρμογές GIS)

Η χρήση τόσων πολλών ακρωνύμων, συνωνύμων και όρων με σχετική σημασία μπορεί να προκαλέσει κάποια σύγχυση. Εξετάστε μερικούς από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους όρους:

- AGIS (Αυτοματοποιημένο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών)
- AM/FM (Αυτοματοποιημένη Χαρτογράφηση και Διαχείριση Εγκαταστάσεων):

Η αυτοματοποιημένη χαρτογράφηση από μόνη της επιτρέπει την αποθήκευση και το χειρισμό των πληροφοριών χάρτη. Τα συστήματα AM/FM προσθέτουν τη δυνατότητα σύνδεσης των καταστημάτων αποθήκευσης πληροφοριών σχετικά με τις αντιστοιχισμένες δυνατότητες. Ωστόσο, το AM/FM δεν χρησιμοποιείται για χωρική ανάλυση και στερείται των τυπολογικών δομών δεδομένων του GIS.

• CAD (Πληροφορική: Τα συστήματα αυτά έχουν σχεδιαστεί για τη σύνταξη και το σχεδιασμό. Χειρίζονται τα χωρικά δεδομένα ως γραφικά και όχι ως πληροφορίες. Ενώ μπορούν να παράγουν χάρτες υψηλής ποιότητας, γενικά είναι λιγότερο ικανοί να πραγματοποιήσουν πολύπλοκες χωρικές αναλύσεις.

- CAM (Ηλεκτρονική χαρτογράφηση ή κατασκευή
- Μηχανογραφημένο GIS
- Σύστημα Περιβαλλοντικών Πληροφοριών
- GIS (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών)
- Γεωγραφικά αναφερόμενο σύστημα πληροφοριών
- Σύστημα Γεωενημιών
- Σύστημα πληροφοριών που βασίζεται σε εικόνες
- LIS (Σύστημα Πληροφοριών Γης)
- Σύστημα Διαχείρισης Γης
- Σύστημα εγγραφών γης
- Σύστημα Πληροφοριών Χερσαίων Πόρων

• Κτηματολόγιο πολλαπλών χρήσεων: Τα συστήματα αυτά αποθηκεύουν πληροφορίες για αγροτεμάχια. Χρησιμοποιούνται σε αστικά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών για τη συλλογή και τη διατήρηση δεδομένων που σχετίζονται με ακίνητα. Αναγνωριστικά που έχουν αντιστοιχιστεί σε κάθε αγροτεμάχιο συνδέονται με κάθε αγροτεμάχιο. Όλες οι πληροφορίες αποθηκεύονται προσεκτικά με ένα γεωδαιτικό πλαίσιο αναφοράς, επειδή απαιτείται υψηλός βαθμός ακρίβειας για τη διατήρηση πληροφοριών σχετικά με τα όρια και την ιδιοκτησία των δεμάτων. Επειδή οι πληροφορίες στα κτηματολογικά κτηματολογίου πολλαπλών χρήσεων συνδέονται επίσης με τις διευθύνσεις οδών, αυτά τα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση πραγμάτων όπως η αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, η εγκληματικότητα, η παροχή δημοτικών υπηρεσιών και οι φορολογικές εκτιμήσεις. Όλες αυτές οι πληροφορίες μπορούν στη συνέχεια να ενσωματωθούν και να αναλυθούν μαζί.

- Σύστημα γεωγραφικών δεδομένων πολλαπλών χρήσεων
- Σύστημα καταγραφής εδάφους πολλαπλών χρήσεων
- Σύστημα Απογραφής Φυσικών Πόρων
- Σύστημα Πληροφοριών Διαχείρισης Φυσικών Πόρων
- Σύστημα Πληροφοριών Σχεδιασμού
- Σύστημα πληροφοριών πόρων
- Σύστημα Διαχείρισης Χωρικών Δεδομένων
- Χωρική βάση δεδομένων
- Σύστημα Χωρικών Πληροφοριών

(Ενότητα 2.1.κ Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των GIS)

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε στα θετικά και τα αρνητικά της χρήσης Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Τα οποία είναι τα εξής (GIS Data (Geographic Information Systems) uses, advantages and disadvantages, n.d.):

Πλεονεκτήματα:

- Απεικόνιση χωρικών πληροφοριών, δημιουργώντας χάρτες με τις εικόνες που παρουσιάζονται, χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα δεδομένων γεωγραφίας
- Προβάλλει λύσεις για τα προβλήματα και μπορεί να διαμορφώσει την σεισμική δραστηριότητα ακριβώς.
- Διαχείριση χρόνου, γρήγορη συλλογή στοιχείων, υψηλή ακρίβεια, καλύτερες προβλέψεις και ανάλυση.
- Οργανωτικά ολοκληρωμένο. Μπορεί να ενσωματώσει το υλικό, το λογισμικό και τα στοιχεία για τη σύλληψη, τη διαχείριση, την ανάλυση και μπορεί να επιδείξει όλες τις μορφές γεωγραφικά αναφερόμενων πληροφοριών.
- Απεικόνιση δεδομένων με πολλούς τρόπους, με την μορφή χαρτών, σφαιρών, εκθέσεων και γραφημάτων.
- Εύκολο στην χρήση, η τεχνολογία GIS μπορεί να ενσωματωθεί σε οποιοδήποτε πλαίσιο συστήματος πληροφοριών επιχειρήσεων .
- Τα δεδομένα GIS χρησιμοποιούνται στη διαχείριση των φυσικών πόρων που μπορεί να περιλαμβάνει κλίσεις μιας πλαγιάς, τα δίκτυα ρευμάτων , τις κλίσεις ρευμάτων , τη βλάστηση και τα άλλα χαρακτηριστικά απεικόνισης.
- Με την συνεχώς αυξανόμενη τεχνολογία, πλέον είναι εφικτή η λειτουργία ενός προγράμματος απεικόνισης GIS να γίνει ακόμα και από την φορητή μας συσκευή, κάτι το οποίο παλιότερα έμοιαζε ανέφικτο.
- Εκτός όμως από την πιο εύκολα προσβάσιμη εφαρμογή, είναι πλέον και πιο εύχρηστη και πιο κατανοητή. Κάτι που σημαίνει ότι πλέον μπορούν να την χρησιμοποιούν όλο και περισσότεροι χρήστες, καθώς είναι πιο “απλή” στην λειτουργία της.
- Τέλος, υπάρχουν και εφαρμογές GIS, οι οποίες δίνουν δωρεάν πρόσβαση στο πρόγραμμά τους, σε αντίθεση με παλιότερα, που ήταν λίγες εταιρίες που είχαν πρόγραμμα απεικόνισης των Γεωγραφικών Πληροφοριών , λίγοι μπορούσαν να το διαχειριστούν και να το καταλάβουν, καθώς και το κόστος συντήρησης του ήταν μεγάλο, κάτι το οποίο είχε σαν αποτέλεσμα το μεγάλο κόστος για την απόκτηση ενός τέτοιου προγράμματος.

Μειονεκτήματα:

- Η τιμή ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι αρκετά υψηλές και ο χρόνος άδειας χρήσης αρκετά μικρός, σε σχέση με το κόστος του.
- Δεν είναι ανοιχτού κώδικα.
Αν προκύψει ένα σφάλμα κατά την διάρκεια υλοποίησης του, τότε θα είναι πολύ δύσκολο να αναιρεθούν τα βήματα και οι λειτουργίες που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι να φτάσει σε εκείνο και πολύ δύσκολα θα γίνει η επίλυση του, που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνει η διαδικασία πάλι από την αρχή, κάτι που απαιτεί σίγουρα πολύ χρόνο και συγκέντρωση.
- Οι προηγούμενες εκδόσεις φαίνεται να προκαλούν προβλήματα.
- Είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστούν από τον χρήστη όλα τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες του προγράμματος. (GIS Data (Geographic Information Systems) uses, advantages and disadvantages, n.d.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Δεδομένα και Επεξεργασία

(Υποκεφάλαιο 3.1 Μελετώμενο μέγεθος και μονάδες)

Σε αυτή την εργασία στόχος μας είναι η μελέτη της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η ισχύς ανά μονάδα περιοχής που λαμβάνεται από τον Ήλιο με την μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως μετράτε στην περιοχή μήκους κύματος του οργάνου μέτρησης. Η ηλιακή ακτινοβολία μετράτε σε Watt ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2) σε μονάδες SI.²

(Υποκεφάλαιο 3.2 Γιατί είναι σημαντικό για την μελέτη του κλίματος)

Η μελέτη και η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας έχουν αρκετές σημαντικές εφαρμογές, όπως αυτός της παραγωγής ενέργειας από ηλιακούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, των φορτίων θέρμανσης και ψύξης κτιρίων, καθώς και της μοντελοποίησης του κλίματος και της πρόγνωσης του καιρού, με το οποίο θα ασχοληθούμε στην παρούσα διπλωματική.

(Υποκεφάλαιο 3.3 Από ποιόν οργανισμό και ποια δεδομένα χρησιμοποιήσα)

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αντλήθηκαν από το «European Climate Assessment & Dataset», από τον ηλεκτρονικό διαδικτυακό τόπο «www.eca&d.eu». Ο κάθε σταθμός είναι σε αρχείο .txt, όπου περιείχαν τις συντεταγμένες του κάθε σταθμού, το αναγνωριστικό του εκάστοτε σταθμού (STAD), το αναγνωριστικό της πηγής (SQUID), οι ημερομηνίες των μετρήσεων, καθώς και οι μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας ημερησίως σε W/m^2 .

Μέσω αυτής της διαδικασίας, συλλέχθηκαν τα δεδομένα από τους σταθμούς αναφοράς. Ένα σοβαρό πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε κατά την ερευνητική διαδικασία, είναι ότι, αρκετοί σταθμοί, κυρίως σε περιοχές είτε δεν έδιναν αποτελέσματα, είτε δεν είχαν καταγράψει τις μετρήσεις κατά το χρονικό διάστημα αναφοράς. Αυτό, έπαιξε σοβαρό ρόλο, στο να αποκλειστούν αυτοί οι σταθμοί με απώτερο σκοπό να έχουμε πιο σωστά αποτελέσματα.

(Υποκεφάλαιο 3.4 Ποια μέθοδο χρησιμοποιεί ο οργανισμός για τις μετρήσεις)

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας οι μετρήσεις που αναλύθηκαν, αφορούν τις εκπομπές της ηλιακής ακτινοβολίας σε περίοδο 1980-2020 (40 ετών) και σε 218 συγκεκριμένες θέσεις. Μελετήθηκαν σταθμοί, από όλη την επικράτεια της Ευρώπης, με διαφορετικά ύψη και σε διαφορετικά γεωγραφικά μήκη και πλάτη.

Το εύρος των μετρήσεων είναι κοινό. Γίνεται αναφορά στις μετρήσεις της ακτινοβολίας, που πραγματοποιήθηκαν στους σταθμούς μελέτης, από το 1980 έως το 2020. Οι μετρήσεις αφορούν κάθε μήνα από όπου έχει βγει και η μέση τιμή του κάθε σταθμού, ανά μήνα, στο διάστημα μελέτης.

Οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του excel, από όπου και αναλύθηκαν το μέγιστο και το ελάχιστο κάθε σταθμού. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε και αντιστοίχιση των τιμών αυτών, με τους μήνες στους οποίους πραγματοποιήθηκαν.

Μέσω αυτού του τρόπου δημιουργήθηκε ένα ολοκληρωμένο αρχείο, το οποίο περιλαμβάνει τις εξής στήλες:

² Το διεθνές σύστημα μονάδων, γνωστό από την συντομογραφία **SI**, είναι η σύγχρονη μορφή του μετρικού συστήματος και του ευρύτερα χρησιμοποιούμενου συστήματος μέτρησης στον κόσμο.

- Γεωγραφικό μήκος (longitude)
- Γεωγραφικό πλάτος (latitude)
- Ύψος σταθμού (height)
- Η μέγιστη τιμή της εποχικής ακτινοβολίας του κάθε σταθμού (seasmax)
- Την διαφορά της μέγιστης με της ελάχιστης τιμής ακτινοβολίας (amplitude)
- Ο μήνας στον οποίο παρατηρείται το μέγιστο (maxmm)

(Υποκεφάλαιο 3.5 Σε ποια μορφή έφερα εγώ τα δεδομένα και με ποιο λογισμικό)

Τα δεδομένα τα οποία συλλέξαμε τα έχουμε συγκεντρωτικά σε ένα αρχείο Excel, το οποίο για να τρέξουμε τις εντολές στο λογισμικό μας το μετατρέψαμε σε αρχείο .txt. Το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήσαμε για να βρούμε τα αποτελέσματα μας, να γίνει η καταγραφή καθώς και για να γίνει η απεικόνιση των αποτελεσμάτων μας είναι η R Studio.

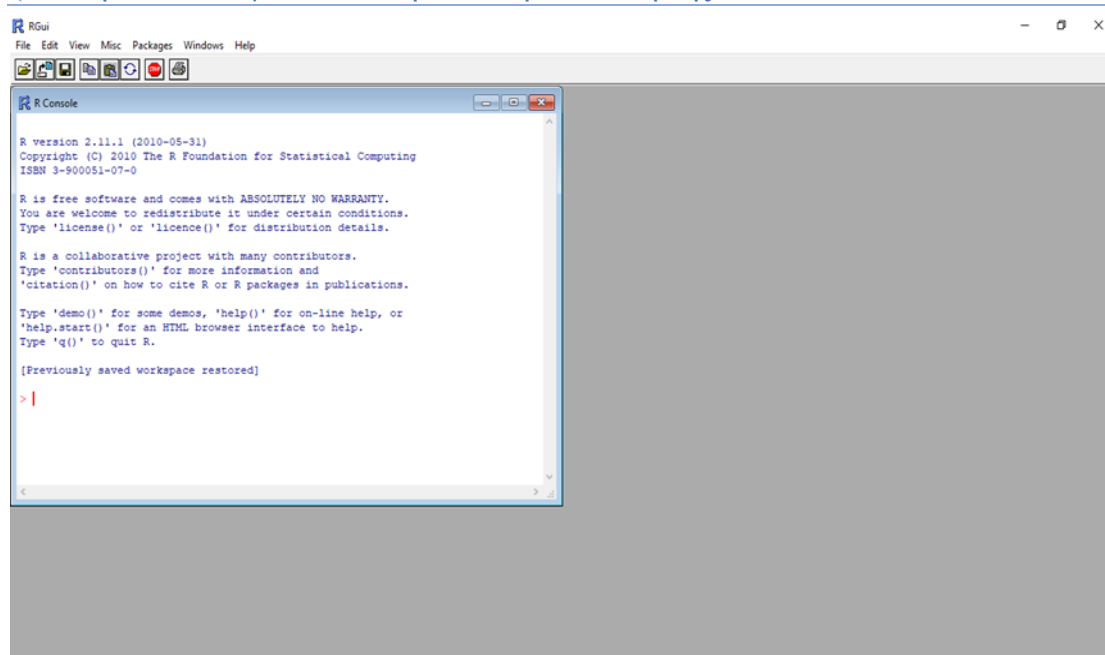
(Ενότητα 3.5.1 Εισαγωγή και λόγοι εγκατάστασης της R)

Το R είναι ένα ελεύθερο λογισμικό ανοιχτής πηγής και γλώσσα προγραμματισμού που αναπτύχθηκε το 1995 στο Πανεπιστήμιο του Auckland ως περιβάλλον για στατιστική Πληροφορική και Απεικόνιση. Έκτοτε η R έγινε ένα από τα πιο σημαντικά λογισμικά απεικόνισης του περιβάλλοντος και της ανάλυσης δεδομένων και χρησιμοποιήθηκε από ποικιλία επιστημονικών κλάδων, όπως η επιστήμη του εδάφους, η οικολογία και η γεωπληροφορική. Το R είναι ιδιαίτερα δημοφιλές για τις γραφικές δυνατότητες, αλλά είναι επίσης πολύτιμο για τις δυνατότητες GIS που το καθιστούν σχετικά εύκολο να δημιουργήσουν μοντέλα βασισμένα σε ράστερ. Πιο πρόσφατα, η R έχει αποκτήσει επίσης πολλά πακέτα που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για την ανάλυση των δεδομένων του εδάφους.

μερικούς από τους πιο σημαντικούς λόγους χρήσης της R.

- Το R studio είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο και εύχρηστο. Είναι εύκολο κάποιος χρήστης, ακόμα και αν δεν έχει ιδιαίτερες γνώσεις προγραμματισμού.
- Είναι ανοιχτού κώδικα, επομένως μπορεί να τροποποιηθεί και να αναδιανεμηθεί σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη.
- Είναι εξαιρετικό για οπτικοποίηση και έχει περισσότερες δυνατότητες σε σύγκριση με άλλα εργαλεία.
- Το R είναι μια ερμηνευμένη γλώσσα, οπότε ερμηνεύει και διευκολύνει την ανάπτυξη κώδικα.
- Είναι μια ολοκληρωμένη γλώσσα, όπου μπορεί να εκτελεστεί οποιοσδήποτε τύπος εργασίας.
- Προσφέρει αισθητικά γραφικά στους χρήστες του και είναι ευρέως αναγνωρισμένο για τις εκπληκτικές του απεικονίσεις.

(Ενότητα 3.5.2 Εγκατάσταση και Παρουσίαση της R)



Εικόνα 7 Βασική οθόνη της R

(Υποκεφάλαιο 3.6 Τι είναι η εποχική μεταβλητότητα)

Ως εποχική μεταβλητότητα χαρακτηρίζεται η διακύμανση των μέσων τιμών των εποχικών παραμέτρων σε όλες τις χωρικές και χρονικές κλίμακες πέρα από τα τυπικά συστήματα καιρού. [33]

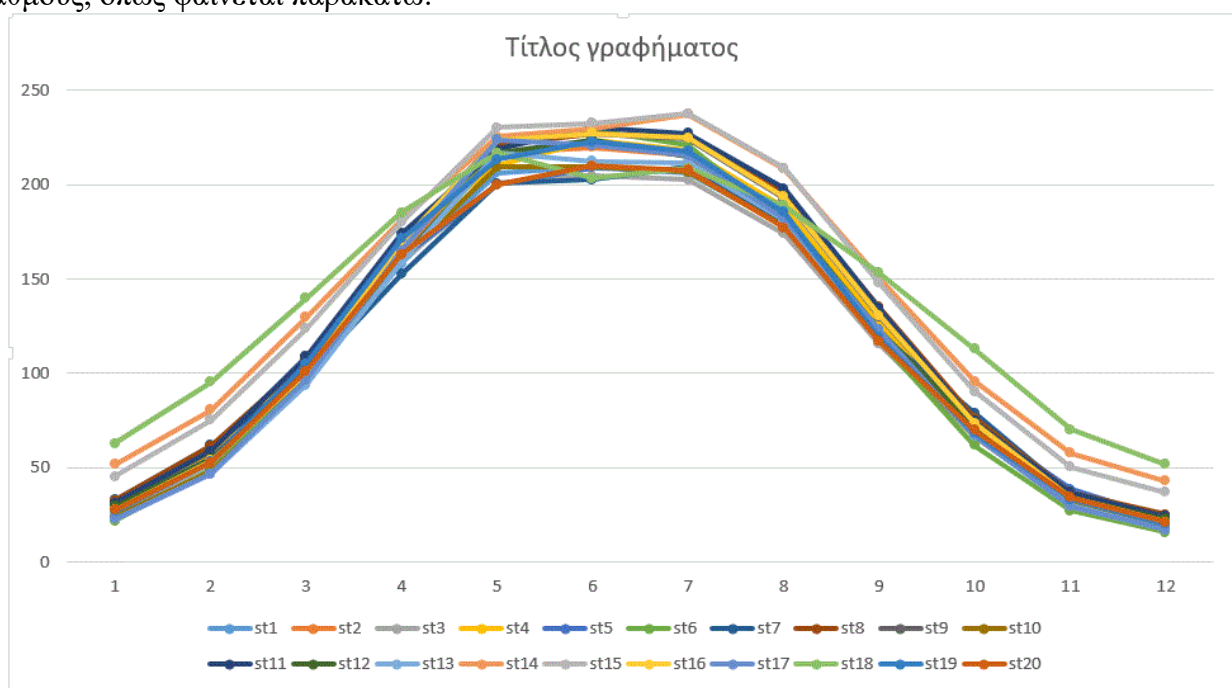
Στην παρούσα εργασία καταφέραμε μέσω της R-project να βρούμε τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε εποχή, καθώς επίσης και τις μέγιστες αποεποχοποιημένες τιμές (seasonal max).

Μέσω της R-project στον παρακάτω πίνακα excel αποτυπώνονται οι μηνιαίες τιμές από όλους τους σταθμούς.

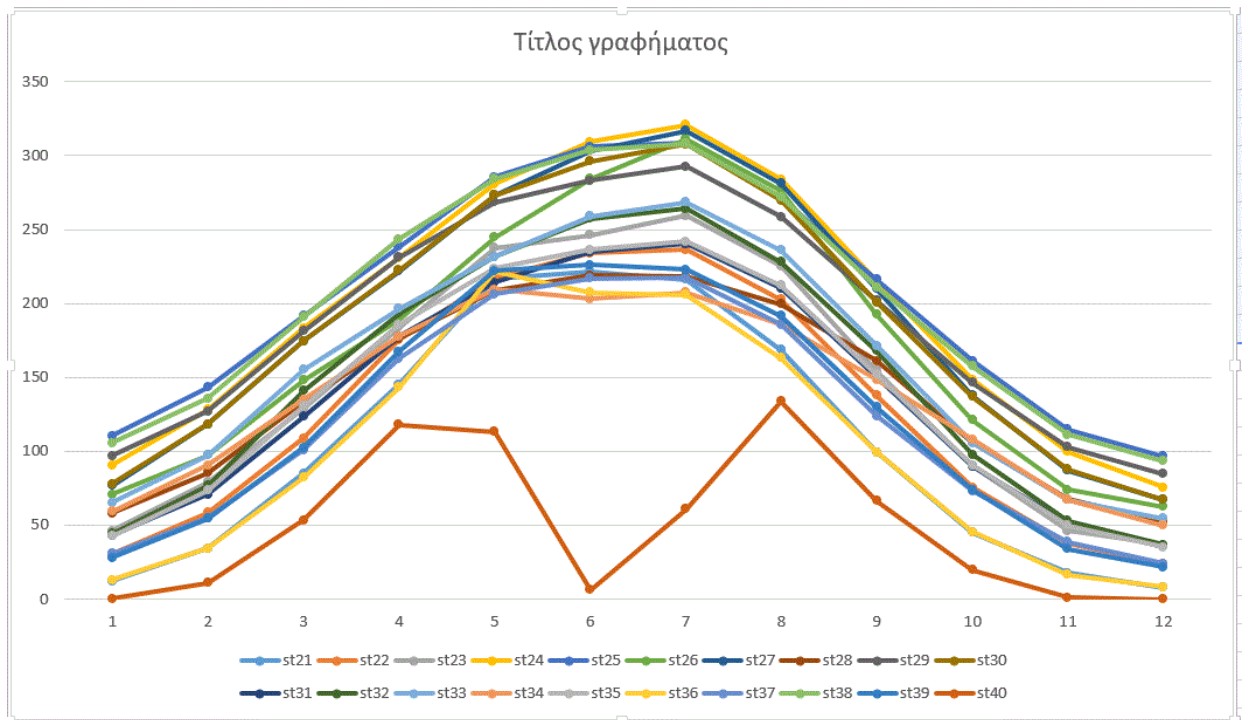
mm	st1	st2	st3	st4	st5	st6	st7	st8
1	27,49274	29,31452	24,80232	30,54756	29,87428	21,78327	32,68542	32,51944
2	52,80283	54,63307	49,80633	56,69312	55,02048	48,81744	61,73214	61,4412
3	96,76774	100,4835	97,33085	108,2266	102,4927	98,19668	99,13737	106,9403
4	158,3967	164,5867	159,5496	172,2615	161,0333	167,8611	152,4547	171,1075
5	206,2806	216,8508	200,6973	210,2142	199,8637	220,6111	200,762	220,8081
6	209,4703	219,8142	204,5	223,753	209,01	228,9719	202,7857	226,7075
7	205,9661	215,7839	202,5653	218,355	207,6121	221,1707	209,2567	224,8081
8	178,8355	186,6137	174,1501	188,0065	179,2542	180,1153	179,6858	196,0242
9	119,5558	125,0458	115,3875	125,9433	122,3375	117,561	121,056	135,02
10	68,67661	70,89113	66,12914	73,93866	73,36481	61,85277	78,96552	76,04839
11	32,305	33,03417	31,56167	37,73917	38,38917	27,19057	36,15417	36,9
12	20,88952	22,2121	19,29662	23,31393	22,79072	15,63524	24,46222	25,12903

Εικόνα 8 Μέσες μηνιαίες τιμές για κάθε σταθμό

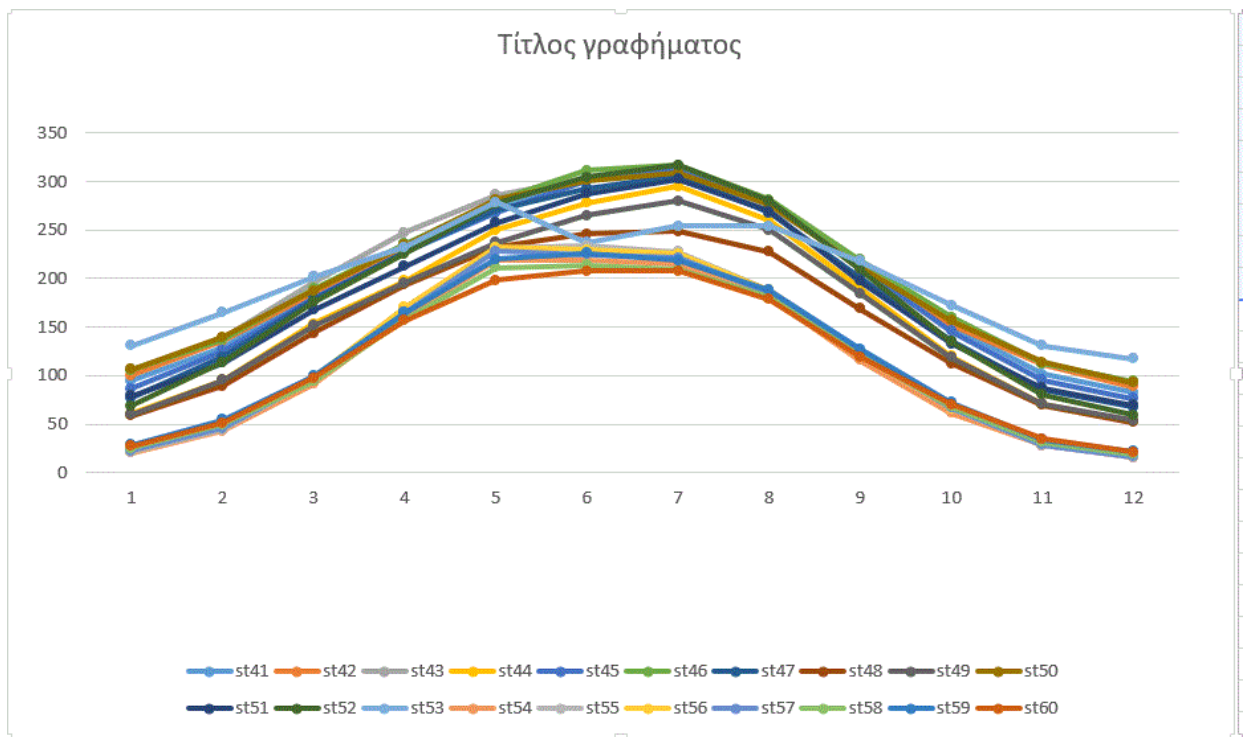
Στην συνέχεια θα γίνει η απεικόνιση των μέσων μηνιαίων τιμών, χωρισμένα ανά είκοσι σταθμούς, όπως φαίνεται παρακάτω:



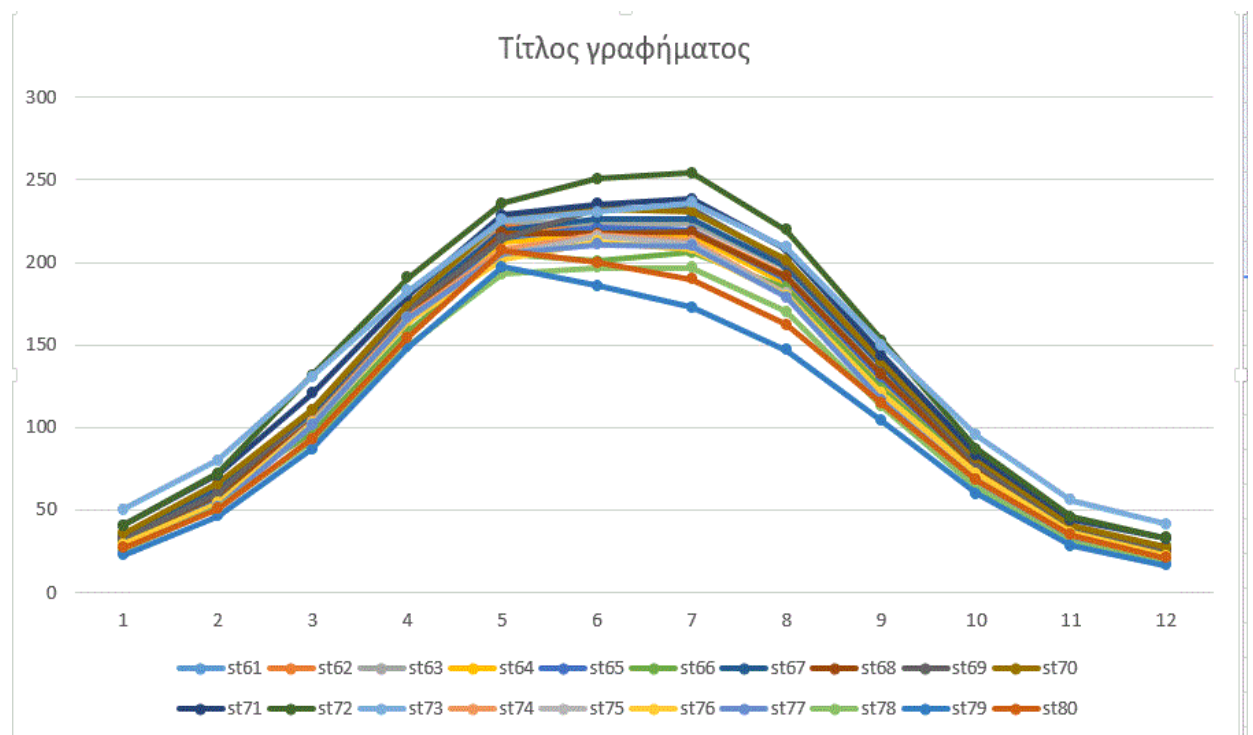
Εικόνα 9 Εμφάνιση των είκοσι πρώτων μέσων μηνιαίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας



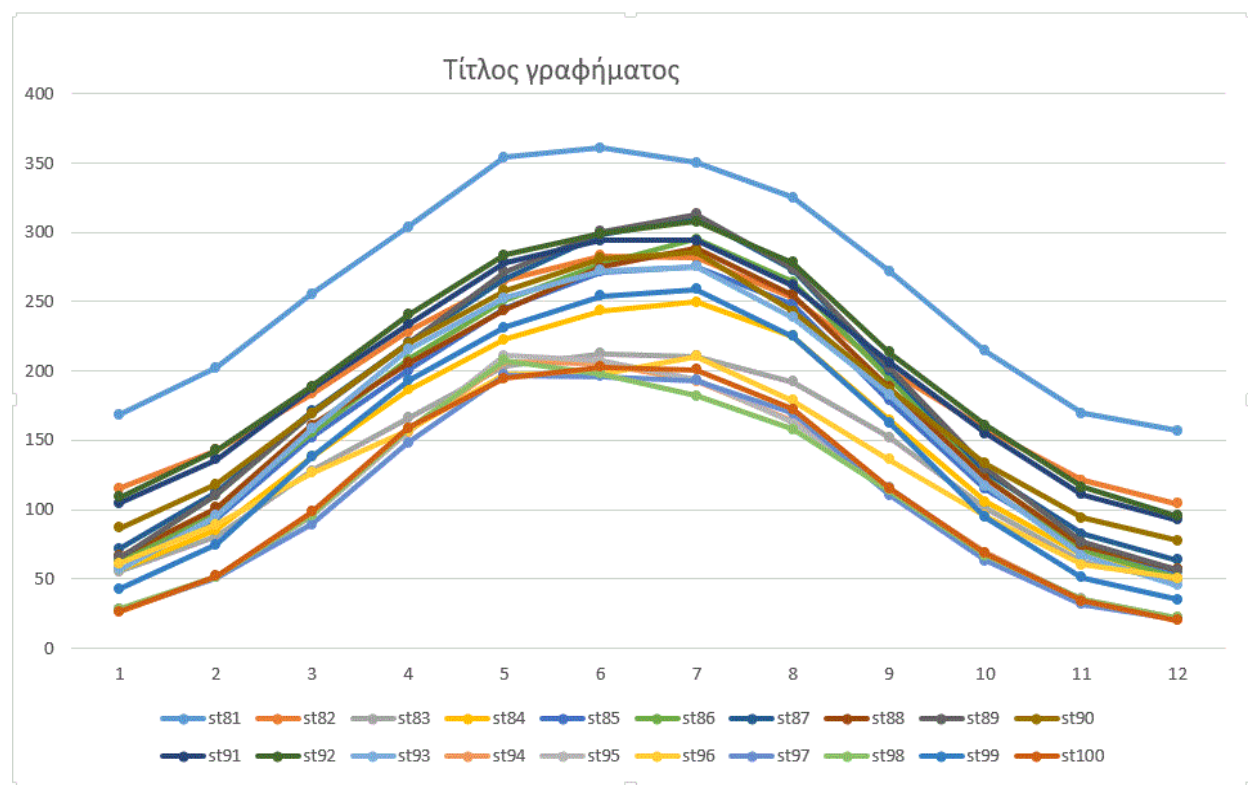
Εικόνα 10 Εμφάνιση των είκοσι επόμενων μέσων μηνιαίων τιμών



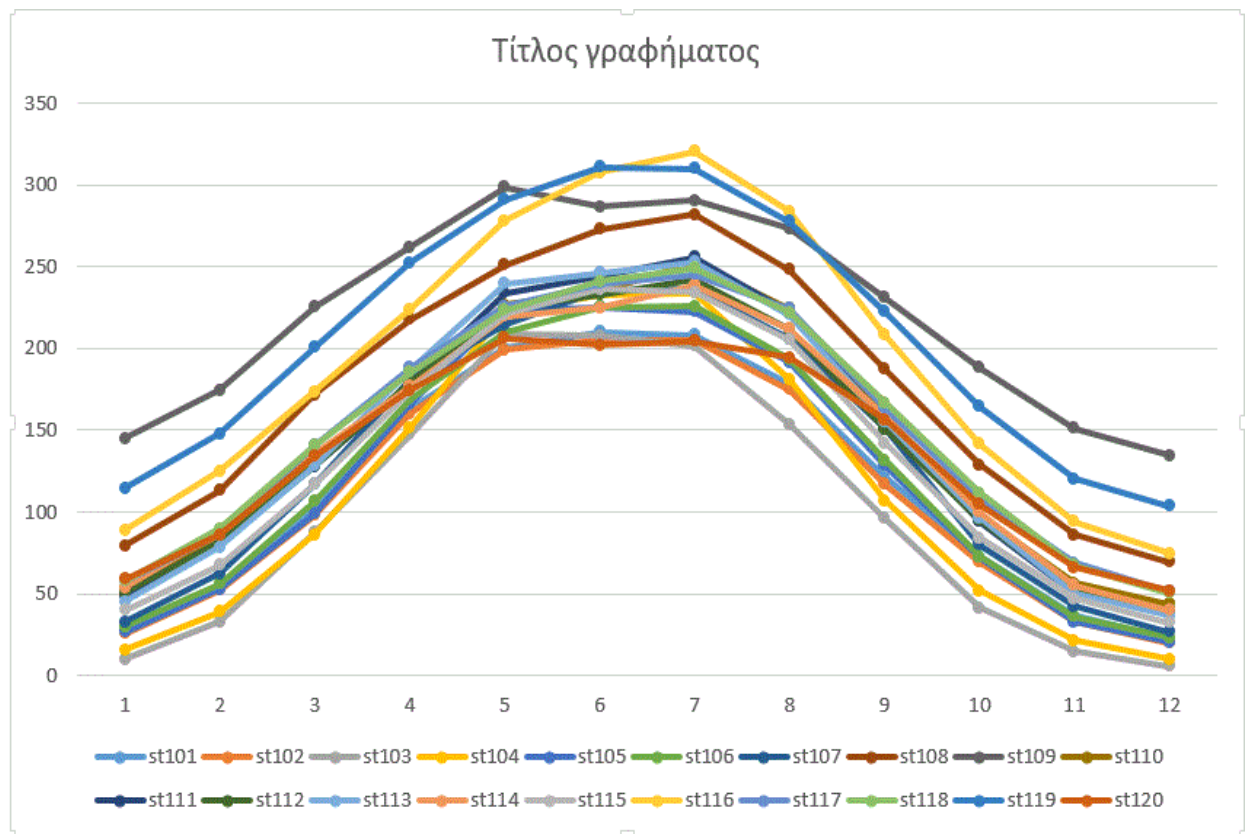
Εικόνα 11 Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 41-60



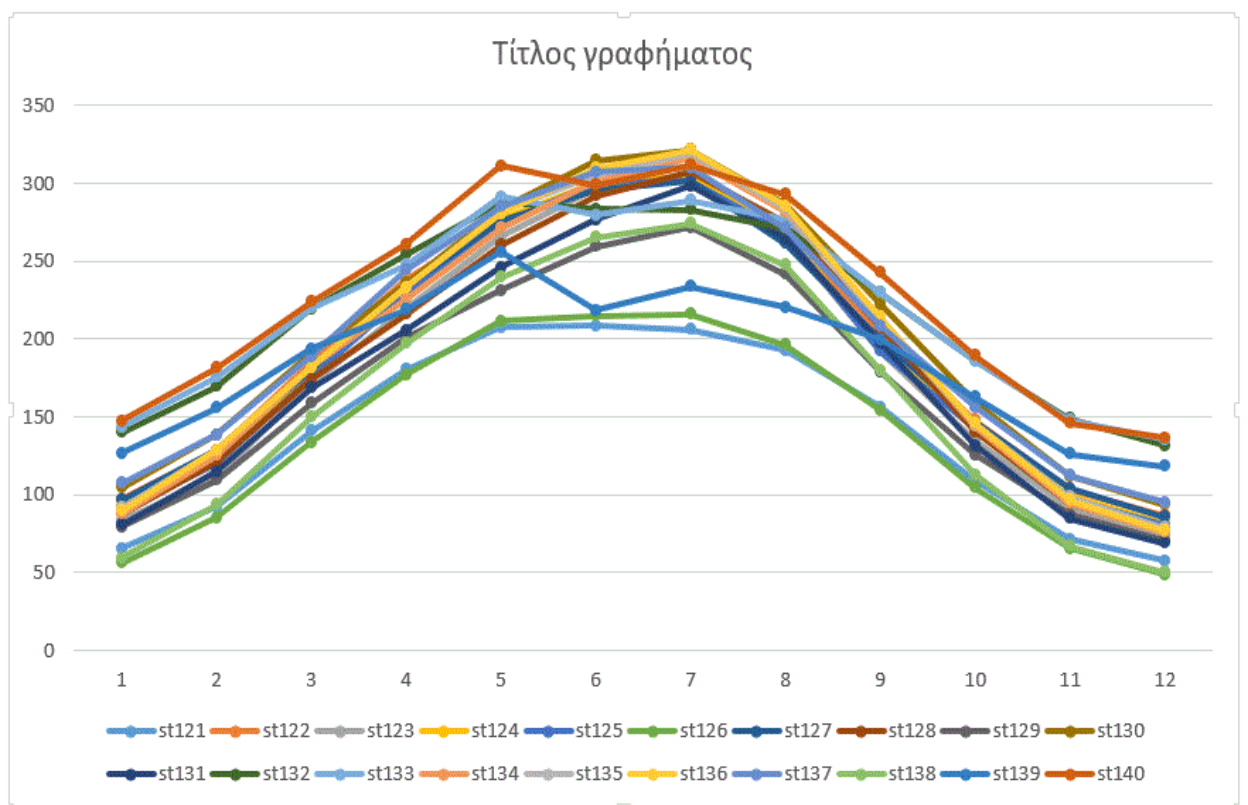
Εικόνα 12 Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 61-80



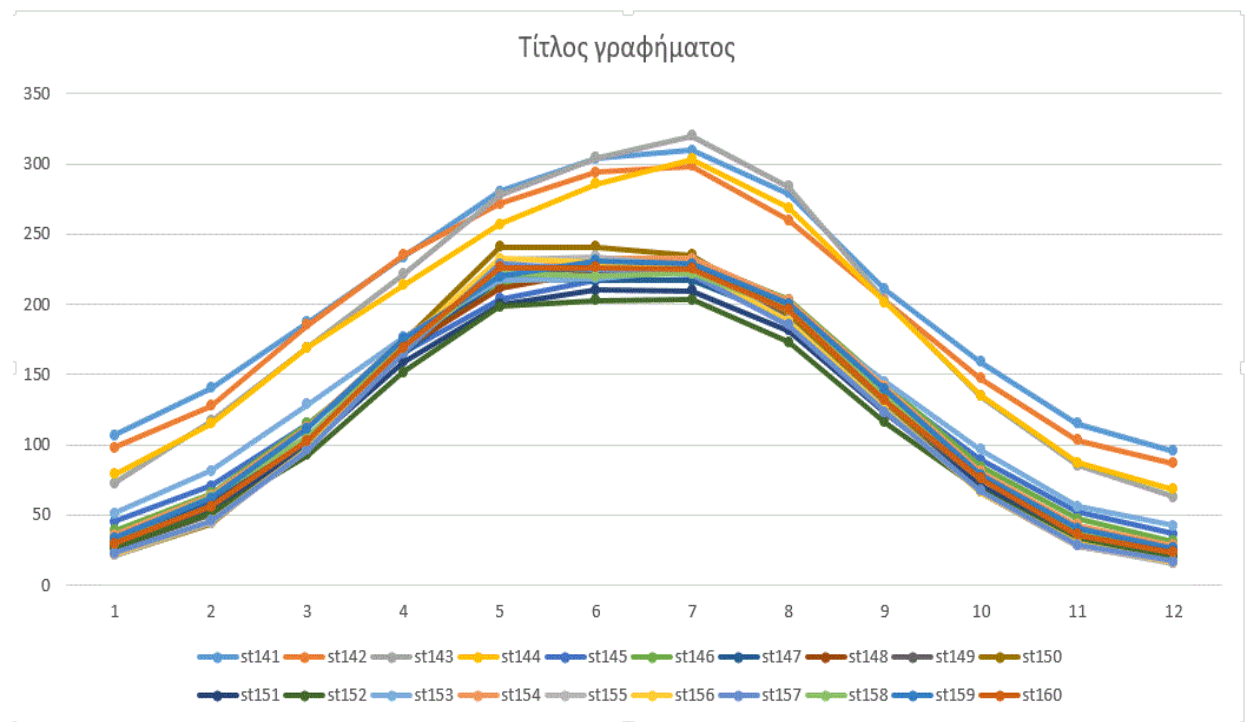
Εικόνα 13 Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 81-100



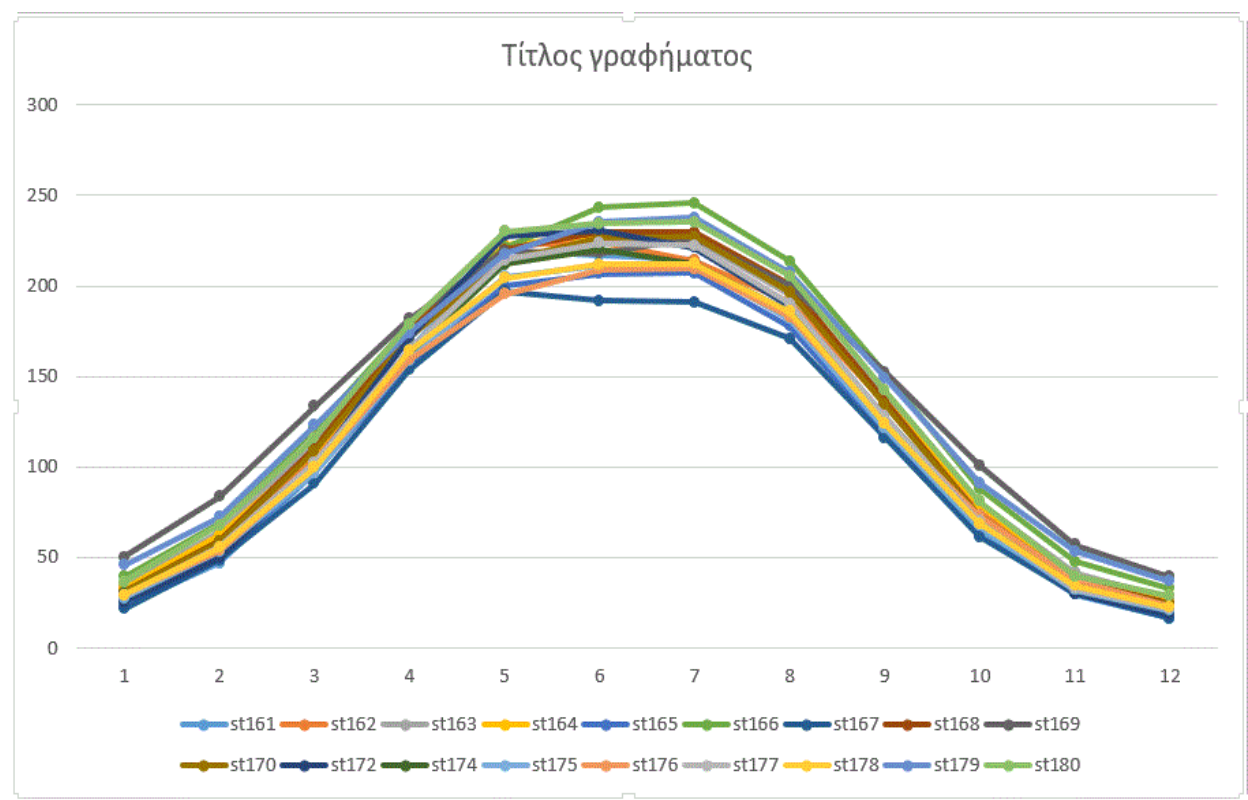
Εικόνα 14 Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 101-120



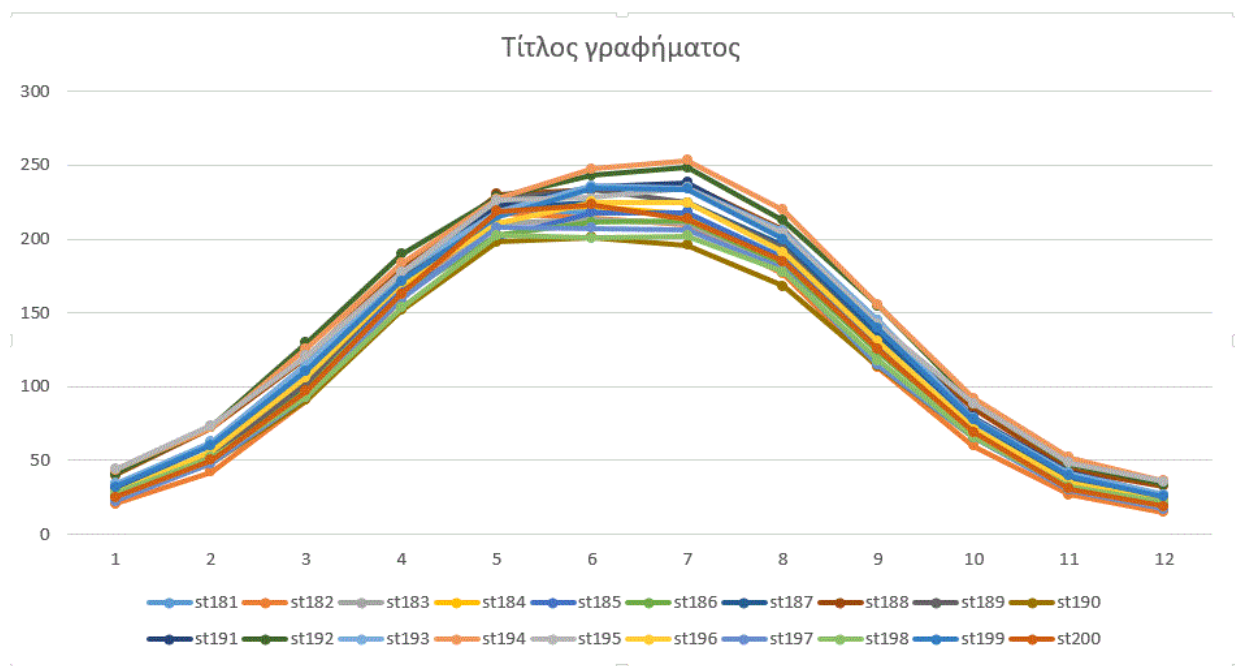
Εικόνα 15 Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 121-140



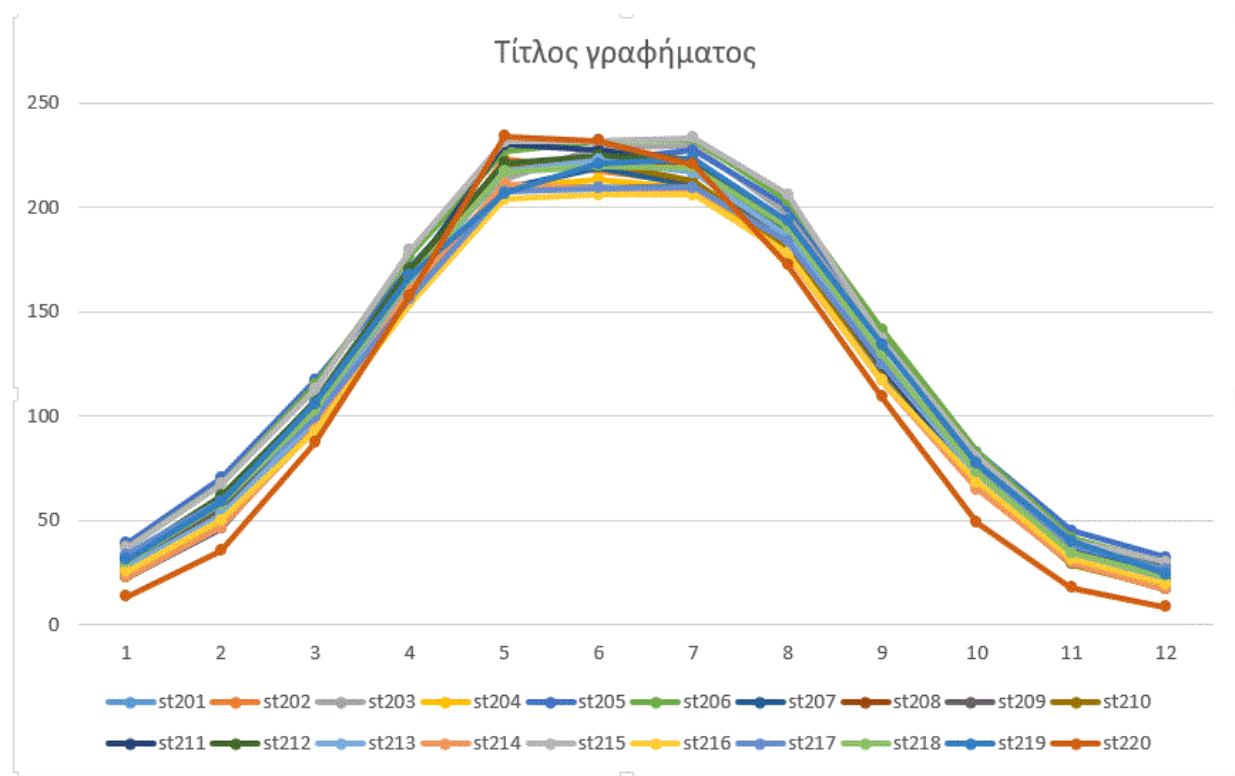
Εικόνα 16 Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 141-160



Εικόνα 17 Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 161-180



Εικόνα 18 Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 181-200



Εικόνα 19. Εμφάνιση των μέσων μηνιαίων τιμών για τους σταθμούς από 201-220

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ο Εποχικός Κύκλος – Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

(Υποκεφάλαιο 4.1 Επεξεργασία των μετρήσεων με εφαρμογή παρεμβολής Krige στα λογισμικά R και Qgis)

Για να μπορέσουμε να βάλουμε τα δεδομένα μας στην R project, θα πρέπει να μετατρέψουμε το αρχείο Excel με τις μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας που έχουμε συλλέξει σε .csv αρχείο, το οποίο περιλαμβάνει τους σταθμούς, το γεωγραφικό πλάτος (Latitude), το γεωγραφικό μήκος (Longitude), το ύψος των σταθμών (Height), την μέγιστη τιμή της εποχικής ηλιακής ακτινοβολίας του κάθε σταθμού (Seasmax), το πλάτος του μέσου εποχικού κύκλου(Amp), καθώς και το μέγιστο των μέσων μηναίων τιμών (Max mm). Όπως φαίνεται και παρακάτω:

A/ A	Statio ns	Station_name	Country	Latitude	Longitude	Height	Seas max	Amp	Max mm
1	40	BAMBERG	GERMANY	49.87527778	10.92166667	240	352	337	6
2	41	BERLIN- DAHLEM	GERMANY	52.46388889	13.30166667	51	350	339	6
3	42	BREMEN	GERMANY	53.04638889	8.79916667	4	349	339	6
4	43	DRESDEN WAHNSDOR F	GERMANY	51.11666667	13.68305556	246	361	359	6
5	44	FRANKFURT	GERMANY	50.04638889	8.59833333	112	351	338	6
6	45	HALLE	GERMANY	51.50694444	11.95055556	93	343	331	6
7	47	HAMBURG FUHLBUETT EL	GERMANY	53.635	9.99	11	351	342	6
8	48	HOHENPEISS ENBERG	GERMANY	47.80166667	11.01166667	977	369	349	6
9	52	MUENCHEN	GERMANY	48.16416667	11.54416667	515	365	346	6
10	54	POTSDAM	GERMANY	52.38333333	13.06388889	81	348	337	6
11	55	SCHWERIN	GERMANY	53.64416667	11.38833333	59	351	341	6
12	58	ZUGSPITZE	GERMANY	47.42194444	10.98666667	2964	381	359	6
13	161	DE KOOY	NETHERLA NDS	52.92666667	4.78083333	1	345	335	6
14	162	DE BILT	NETHERLA NDS	52.09888889	5.17944444	1	343	332	6
15	164	EELDE	NETHERLA NDS	53.12333333	6.58444444	5	343	333	6
16	166	VLISSINGEN	NETHERLA NDS	51.44138889	3.59555556	8	347	336	6
17	168	MAASTRICHT	NETHERLA NDS	50.90527778	5.76166667	114	342	330	6
18	193	OSLO BLINDERN	NORWAY	59.94277778	10.72055556	94	353	349	6

19	203	LUXEMBOURG AIRPORT	LUXEMBOURG	49.62583333	6.20333333	376	352	339	6
20	228	LJUBLJANA BEZIGRAD	SLOVENIA	46.06555556	14.5125	299	356	338	6
21	229	BADAJOS/TALAVERA LA REAL	SPAIN	38.88305556	-6.82916667	185	365	334	6
22	231	MALAGA AEROPUERTO	SPAIN	36.66666667	-4.48805556	7	358	325	5
23	232	NAVACERRADA	SPAIN	40.78055556	-4.01027778	1894	373	346	6
24	233	SALAMANCA AEROPUERTO	SPAIN	40.95916667	-5.49805556	790	371	343	6
25	234	SAN SEBASTIAN - IGUELDO	SPAIN	43.3075	-2.03916667	251	365	345	6
26	237	VALENCIA	SPAIN	39.48055556	-0.36638889	11	362	333	6
27	238	ZARAGOZA AEROPUERTO	SPAIN	41.66166667	-1.00805556	247	365	341	6
28	239	BASEL BINNINGEN	SWITZERLAND	47.53305556	7.58305556	316	366	349	6
29	240	GENEVE COINTRIN	SWITZERLAND	46.25	6.13305556	420	364	345	6
30	242	LUGANO	SWITZERLAND	46	8.96666667	273	357	336	6
31	243	SAENTIS	SWITZERLAND	47.25	9.35	2502	382	361	6
32	244	ZUERICH/FLUNTERN	SWITZERLAND	47.38305556	8.56666667	555	366	347	6
33	268	VORU	ESTONIA	57.84583333	27.01916667	82	345	339	7
34	274	RADCLIFFE METEOROLOGICAL STATION OXFORD	UK	51.76083333	-1.26388889	63	351	339	6
35	309	ALICANTE EL ALTET	SPAIN	38.28277778	-0.57055556	43	365	334	6
36	324	LINDENBERG	GERMANY	52.20944444	14.12027778	98	345	333	6
37	328	TROMSO	NORWAY	69.65388889	18.92805556	100	361	361	6
38	336	ALBACETE LOS LLANOS	SPAIN	38.95194444	-1.86305556	704	363	333	6
39	337	CORDOBA AEROPUERTO	SPAIN	37.84416667	-4.84583333	90	359	328	6

40	412	ALICANTE	SPAIN	38.3725	-0.49416667	81	361	330	5
41	414	BURGOS-VILLAFRIA	SPAIN	42.35583333	-3.6325	890	371	348	6
42	416	CIUDAD REAL	SPAIN	38.98916667	-3.91944444	628	362	332	5
43	417	GRANADA	SPAIN	37.13666667	-3.63138889	687	362	331	5
44	419	HUESCA	SPAIN	42.08305556	-0.32638889	541	359	336	6
45	420	A CORUNA	SPAIN	43.36694444	-8.41916667	58	359	338	6
46	422	A CORUNA	SPAIN	42.77666667	-1.65	459	362	340	6
47	423	SEVILLA/SAN PABLO	SPAIN	37.41666667	-5.87916667	34	358	325	5
48	424	SORIA	SPAIN	41.775	-2.48305556	1082	373	348	6
49	425	VALLADOLID	SPAIN	41.65	-4.76666667	735	373	347	6
50	455	TENERIFE/LOS RODEOS	SPAIN	28.4775	-16.32916667	632	384	340	6
51	469	LIST/SYLT	GERMANY	55.0125	8.4125	26	371	371	6
52	470	SCHLESWIG	GERMANY	54.52888889	9.54916667	43	349	341	6
53	471	WESTERMAR KELSDORF/F EHMARN	GERMANY	54.52944444	11.06166667	3	347	338	6
54	472	ROSTOCK- WARNEMUN DE	GERMANY	54.18166667	12.08194444	4	350	341	6
55	473	GREIFSWALD	GERMANY	54.09777778	13.4075	2	345	336	6
56	476	HANNOVER	GERMANY	52.46555556	9.67944444	55	347	336	6
57	477	MAGDEBUR G	GERMANY	52.10305556	11.58416667	76	347	336	6
58	479	DUSSELDORF	GERMANY	51.29694444	6.77	37	349	338	6
59	482	LEIPZIG- SCHKEUDITZ	GERMANY	51.43583333	12.24138889	131	348	336	6
60	483	DRESDEN- KLOTZSCHE	GERMANY	51.12916667	13.75583333	227	352	338	6
61	484	GORLITZ	GERMANY	51.16305556	14.95305556	238	352	339	6
62	486	MEININGEN	GERMANY	50.5625	10.37694444	450	352	339	6
63	487	ERFURT- BINDERSLEB EN	GERMANY	50.98444444	10.96305556	316	349	337	6

6 4	488	FICHELBERG	GERMANY	50.42916667	12.95527778	1213	353	338	6
6 5	489	WURZBURG	GERMANY	49.77138889	9.95888889	268	348	334	6
6 6	490	HOF	GERMANY	50.31305556	11.8775	565	352	338	6
6 7	491	SAARBRUCKE N/ENSHEIM	GERMANY	49.21416667	7.10805556	320	356	342	6
6 8	492	NURNBERG	GERMANY	49.50416667	11.05666667	314	354	339	6
6 9	494	AUGSBURG	GERMANY	48.42638889	10.94305556	461	356	338	5
7 0	495	KONSTANZ	GERMANY	47.67805556	9.19083333	443	374	355	6
7 1	496	KEMPTEN	GERMANY	47.72416667	10.33638889	705	358	338	6
7 2	593	SCHIPHOL	NETHERLA NDS	52.31555556	4.79027778	-3	345	335	6
7 3	598	ROTTERDAM	NETHERLA NDS	51.96055556	4.44666667	-4	347	336	6
7 4	599	GILZE-RIJEN	NETHERLA NDS	51.565	4.93527778	11	344	333	6
7 5	603	LEEUWARDE N	NETHERLA NDS	53.22305556	5.75166667	0	344	335	6
7 6	812	KAHLER ASTEN (WST)	GERMANY	51.18166667	8.49	839	349	337	6
7 7	964	BALLYSHANN ON (CATHLEENS FALL)	IRELAND	54.5	-8.17888889	38	338	329	6
7 8	970	CASEMENT AERODROME	IRELAND	53.30583333	-6.43888889	94	344	334	6
7 9	1388	IZANA	SPAIN	28.30888889	- 16.49916667	2371	388	344	5
8 0	1389	MELILLA	SPAIN	35.27777778	-2.95527778	47	364	330	5
8 1	1393	BILBAO AEROPUERT O	SPAIN	43.29805556	-2.90555556	42	360	339	6
8 2	1394	SANTIAGO DE COMPOSTEL A/LABACOLL A	SPAIN	42.88777778	-8.41083333	370	353	332	6
8 3	1395	VIGO PEINADOR	SPAIN	42.23916667	-8.62388889	261	356	335	6
8 4	1396	PONFERRAD A	SPAIN	42.56388889	-6.6	534	358	336	5
8 5	1397	LEON VIRGEN DEL CAMINO	SPAIN	42.58888889	-5.64916667	916	372	350	6

86	1398	LOGRONO- AGONCILLO	SPAIN	42.45222222	-2.33111111	353	366	344	6
87	1399	ZAMORA	SPAIN	41.51666667	-5.73333333	656	366	340	6
88	1401	REUS/AEROP UERTO	SPAIN	41.14972222	1.17888889	71	362	338	6
89	1404	MURCIA/SA N JAVIER	SPAIN	37.78888889	-0.80333333	4	365	333	5
90	1405	JEREZ DE LA FRONTERA	SPAIN	36.75055556	-6.05555556	27	357	322	5
91	1662	SION 2	SWITZERLA ND	46.21666667	7.33305556	482	365	344	6
92	1704	DUBLIN (GLASNEVIN)	IRELAND	53.37111111	-6.27194444	21	335	325	6
93	1718	DUBLIN AIRPORT	IRELAND	53.42805556	-6.24083333	71	343	333	6
94	1752	KREDARICA	SLOVENIA	46.37833333	13.84888889	2513	362	344	5
95	2006	BROCKEN	GERMANY	51.8	10.62	1142	354	343	6
96	2139	SHANNON	IRELAND	52.69	-8.91805556	6	346	335	6
97	2180	PAYERNE	SWITZERLA ND	46.81666667	6.95	490	368	349	6
98	2563	DEELEN	NETHERLA NDS	52.055	5.87222222	50	342	332	6
99	2566	EINDHOVEN	NETHERLA NDS	51.44944444	5.37666667	22	351	340	6
100	2569	TWENTHE	NETHERLA NDS	52.27305556	6.89083333	33	340	330	6
101	2605	KISE PA HEDMARK	NORWAY	60.78055556	10.81166667	128	347	344	6
102	2656	KJEVIK	NORWAY	58.20027778	8.06805556	12	422	417	6
103	2759	BERLIN- TEMPELHOF	GERMANY	52.46833333	13.40388889	48	349	338	6
104	2760	TRIER- PETRISBERG	GERMANY	49.74916667	6.65916667	265	353	340	6
105	2762	RHEINSTETTE N	GERMANY	48.97333333	8.33083333	116	349	334	6
106	2969	BARCELONA/ AEROPUERT O	SPAIN	41.29277778	2.06972222	4	351	327	6

1 0 7	2970	LANZAROTE/ AEROPUERT O	SPAIN	28.95166667	- 13.60027778	14	357	317	5
1 0 8	3323	POSTOJNA	SLOVENIA	45.76583333	14.19305556	533	347	329	6
1 0 9	3328	NOVO MESTO	SLOVENIA	45.80166667	15.17694444	220	353	335	6
1 1 0	3329	SMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	SLOVENIA	46.48972222	15.11111111	444	342	325	5
1 1 1	3335	MURSKA SOBOTA- RAKICAN	SLOVENIA	46.65194444	16.19138889	187	349	332	6
1 1 2	3336	RATECE- PLANICA	SLOVENIA	46.5	13.7	864	334	316	5
1 1 3	3506	STUTTGART- SCHNARREN BERG	GERMANY	48.82916667	9.20083333	314	353	337	6
1 1 4	3839	MADRID/TO RREJON	SPAIN	40.48305556	-3.45027778	611	375	347	6
1 1 5	3903	A CORUNA/AL VEDRO	SPAIN	43.30694444	-8.37222222	98	360	339	6
1 1 6	3905	VITORIA/FOR ONDA	SPAIN	42.87194444	-2.73333333	513	354	333	6
1 1 7	3908	ALMERIA/AE ROPUERTO	SPAIN	36.84638889	-2.35666667	21	364	333	5
1 1 8	3909	ASTURIAS/A VILES	SPAIN	43.56666667	-6.04416667	127	358	337	6
1 1 9	3913	OVIEDO	SPAIN	43.35416667	-5.87277778	336	365	344	5
1 2 0	3916	IBIZA/ESCOD OLA	SPAIN	38.87638889	1.38444444	6	355	325	6
1 2 1	3917	MENORCA/ MAO	SPAIN	39.85472222	4.21555556	91	357	332	6
1 2 2	3918	PALMA DE MALLORCA CMT	SPAIN	39.55555556	2.62638889	3	351	325	6
1 2 3	3919	PALMA DE MALLORCA /	SPAIN	39.56083333	2.73666667	8	362	337	6

		SON SAN JUAN							
1 2 4	3923	SANTANDER/ PARAYAS	SPAIN	43.42916667	-3.83138889	5	362	341	5
1 2 5	3924	CASTELLON	SPAIN	39.95	-0.07138889	35	361	333	5
1 2 6	3929	CUENCA	SPAIN	40.0666667	-2.13805556	945	363	335	6
1 2 7	3931	GIRONA/COS TA BRAVA	SPAIN	41.91166667	2.76333333	143	350	327	6
1 2 8	3932	GRANADA/A EROPUERTO	SPAIN	37.18972222	-3.78944444	567	363	332	5
1 2 9	3935	MOLINA DE ARAGON	SPAIN	40.84444444	-1.88527778	1056	368	341	6
1 3 0	3940	FUERTEVENT URA/AEROP UERTO	SPAIN	28.44472222	- 13.86305556	25	355	314	5
1 3 1	3941	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA/GA NDO	SPAIN	27.9225	- 15.38944444	24	364	322	5
1 3 2	3946	MADRID/BA RAJAS	SPAIN	40.46666667	-3.55555556	609	378	350	6
1 3 3	3947	MADRID/CU ATROVIENTO S	SPAIN	40.37777778	-3.78916667	687	366	338	5
1 3 4	3948	MADRID/GET AFE	SPAIN	40.3	-3.7225	617	373	345	6
1 3 5	3949	MURCIA/ALC ANTARILLA	SPAIN	37.95777778	-1.22972222	85	364	333	5
1 3 6	3951	OURENSE	SPAIN	42.32777778	-7.86027778	143	352	330	6
1 3 7	3958	LA PALMA/AER OPUERTO	SPAIN	28.63305556	-17.755	33	356	313	5
1 3 8	3959	STA. CRUZ DE TENERIFE	SPAIN	28.46305556	- 16.25527778	35	375	331	5
1 3 9	3963	MORON DE LA FRONTERA	SPAIN	37.15805556	-5.61555556	87	350	317	5

1 4 0	3969	VALENCIA/A EROPUERTO	SPAIN	39.48666667	-0.473055556	69	368	339	5
1 4 1	3970	VALLADOLID (VILLANUBLA)	SPAIN	41.11444444	-1.410555556	779	375	349	6
1 4 2	3971	DAROCA	SPAIN	41.11472222	-1.410833333	779	351	325	6
1 4 3	3987	FELDBERG/S CHWARZWA LD	GERMANY	47.87583333	8.004722222	1490	369	352	6
1 4 4	3988	FREUDENSTA DT	GERMANY	48.45444444	8.41	797	363	348	6
1 4 5	3990	GERA- LEUMNITZ	GERMANY	50.88222222	12.13	311	348	335	6
1 4 6	3991	GIESSEN/WE TTENBERG	GERMANY	50.60111111	8.650833333	203	349	336	6
1 4 7	3992	ANGERMUN DE	GERMANY	53.03305556	13.99305556	54	343	332	6
1 4 8	3994	ARKONA	GERMANY	54.68166667	13.43666667	42	350	342	6
1 4 9	3996	KOLN-BONN	GERMANY	50.86611111	7.15861111	92	349	337	6
1 5 0	3999	BAD LIPPSPRINGE	GERMANY	51.78694444	8.83972222	157	347	336	6
1 5 1	4002	OBERSTDOR F	GERMANY	47.39888889	10.27694444	806	356	335	6
1 5 2	4003	OHRINGEN	GERMANY	49.20805556	9.51861111	276	358	343	6
1 5 3	4004	REGENSBUR G	GERMANY	49.04361111	12.10333333	365	349	332	6
1 5 4	4006	STOTTEN	GERMANY	48.66666667	9.86583333	734	364	348	6
1 5 5	4007	WASSERKUP PE	GERMANY	50.49777778	9.94388889	921	350	337	6
1 5 6	4008	WEIDEN	GERMANY	49.66722222	12.18583333	440	350	334	6

1 5 7	4012	MANNHEIM	GERMANY	49.51	8.555	96	356	342	6
1 5 8	4014	COTTBUS	GERMANY	51.7775	14.31861111	69	351	339	6
1 5 9	4015	CUXHAVEN	GERMANY	53.87305556	8.70694444	5	348	339	6
1 6 0	4022	DRESDEN- HOSTERWITZ	GERMANY	51.02361111	13.84972222	114	337	323	6
1 6 1	4047	ELLWANGEN - RINDELBACH	GERMANY	48.99027778	10.065	460	352	336	6
1 6 2	4066	MOHRENDORF- KLEINSEEBACH	GERMANY	49.65083333	11.00861111	268	349	334	6
1 6 3	4074	ESSEN- BREDENEY	GERMANY	51.40555556	6.96861111	150	345	334	6
1 6 4	4114	FREIBURG	GERMANY	50.71305556	6.79166667	146	359	343	6
1 6 5	4121	FRIESOTHE- EDEWECHTERDAM	GERMANY	48.02416667	7.83527778	236	340	330	6
1 6 6	4123	ALZEY	GERMANY	49.72805556	8.11666667	215	346	332	6
1 6 7	4131	GARMISCH- PARTENKIRCHEN	GERMANY	47.48388889	11.06361111	719	355	333	6
1 6 8	4134	GEISENHEIM	GERMANY	49.985	7.95444444	110	347	334	6
1 6 9	4151	GOTTINGEN	GERMANY	51.50166667	9.95277778	167	345	334	6
1 7 0	4171	GRUNOW	GERMANY	53.31694444	13.93611111	56	347	337	6
1 7 1	4185	ARTERN	GERMANY	51.37555556	11.29305556	164	349	337	6
1 7 2	4194	HARZGERODE	GERMANY	51.65333333	11.1375	404	343	331	6

1 7 3	4217	BAD HERSFELD	GERMANY	50.85305556	9.73861111	272	348	336	6
1 7 4	4273	KALL-SISTIG	GERMANY	50.50277778	6.52666667	505	344	332	6
1 7 5	4285	BAD KISSINGEN	GERMANY	50.22555556	10.08027778	282	353	339	6
1 7 6	4288	KLEINER FELDBERG/T AUNUS	GERMANY	50.2225	8.44805556	826	353	340	6
1 7 7	4294	KLIPPENECK	GERMANY	48.10638889	8.75555556	973	362	345	6
1 7 8	4303	KOSCHING	GERMANY	48.83111111	11.48861111	417	348	331	6
1 7 9	4332	BAD LAUCHSTADT	GERMANY	51.3925	11.88	119	345	333	6
1 8 0	4338	LECK	GERMANY	54.7925	8.94916667	7	347	339	6
1 8 1	4343	LEINEFELDE	GERMANY	51.38527778	10.30194444	356	341	329	6
1 8 2	4374	LUCHOW	GERMANY	52.97388889	11.13916667	17	342	332	6
1 8 3	4385	MANDERSCH EID- SONNENHOF	GERMANY	50.10277778	6.80222222	413	351	338	6
1 8 4	4390	BAD MARIENBER G	GERMANY	50.66305556	7.95944444	547	346	334	6
1 8 5	4393	HEINERSREU TH-VOLLHOF	GERMANY	49.96777778	11.52111111	350	349	334	6
1 8 6	4428	MUHLDOF	GERMANY	48.28	12.50388889	405	359	341	6
1 8 7	4430	MUNCHEBER G	GERMANY	52.51888889	14.125	63	354	343	6
1 8 8	4471	NIENBURG	GERMANY	52.6725	9.22416667	25	342	332	6
1 8 9	4495	BAD BERGZABER N	GERMANY	49.10805556	7.99722222	252	348	334	6

1 9 0	4544	KR. RAVENSBUR G WEINGARTE N	GERMANY	47.80722222	9.62166667	440	365	346	6
1 9 1	4555	RHEINAU- MEMPRECHT SHOFEN	GERMANY	48.67111111	7.99555556	131	350	335	6
1 9 2	4558	RHEINFELDE N	GERMANY	47.56361111	7.79444444	287	365	347	6
1 9 3	4567	ROSENHEIM	GERMANY	47.87611111	12.12944444	444	358	338	6
1 9 4	4577	BAD KREUZNACH	GERMANY	49.85166667	7.8725	102	351	338	6
1 9 5	4616	GROSSENKN ETEN	GERMANY	52.935	8.23555556	44	342	332	6
1 9 6	4617	SCHMUCKE	GERMANY	50.65583333	10.77111111	937	347	334	6
1 9 7	4634	BERUS	GERMANY	49.26527778	6.68777778	363	352	338	6
1 9 8	4637	SEEHAUSEN	GERMANY	52.89277778	11.73055556	21	349	338	6
1 9 9	4652	SOLTAU	GERMANY	52.96166667	9.79666667	76	349	339	6
2 0 0	4676	TETEROW	GERMANY	53.7625	12.55805556	38	344	334	6
2 0 1	4680	THOLEY	GERMANY	49.47472222	7.03916667	386	349	335	6
2 0 2	4706	UELZEN	GERMANY	52.94277778	10.53	50	341	331	6
2 0 3	4741	WEIHENSTEP HAN- DURNAST	GERMANY	48.40333333	11.69583333	477	357	339	6
2 0 4	4750	WEISSENBUR G	GERMANY	49.02027778	10.96166667	422	356	340	6
2 0 5	4758	WERNIGERO DE	GERMANY	51.84777778	10.76972222	234	349	338	6

2 0 6	4776	WITTENBERG	GERMANY	51.89027778	12.64638889	105	344	332	6
2 0 7	4801	ZINNWALD- GEORGENFELD	GERMANY	50.73277778	13.75305556	877	347	333	6
2 0 8	4815	BOIZENBURG	GERMANY	53.39305556	10.68944444	45	345	335	6
2 0 9	4820	BOLTENHAGEN	GERMANY	54.00444444	11.19222222	15	347	338	6
2 1 0	4867	NOSSEN	GERMANY	51.05194444	13.3025	308	352	338	6
2 1 1	4882	BRAUNSCHW EIG	GERMANY	52.29027778	10.44861111	81	348	337	6
2 1 2	4885	BREMERHAV EN	GERMANY	53.53472222	8.57722222	7	349	340	6
2 1 3	4926	ALDESBACH -KRIESTORF	GERMANY	48.61694444	13.05222222	340	349	332	6
2 1 4	4941	BUCKEBURG	GERMANY	52.28194444	9.08777778	68	336	325	6
2 1 5	4954	CHEMNITZ	GERMANY	50.7925	12.87361111	418	353	339	6
2 1 6	4958	LAUTERTAL- OBERLAUTER	GERMANY	50.30805556	10.96944444	345	351	337	6
2 1 7	4970	DEUSELBACH	GERMANY	49.76305556	7.05555556	481	352	339	6
2 1 8	6930	STOCKHOLM _SOL	SWEDEN	59.35	18.07	30	354	349	6

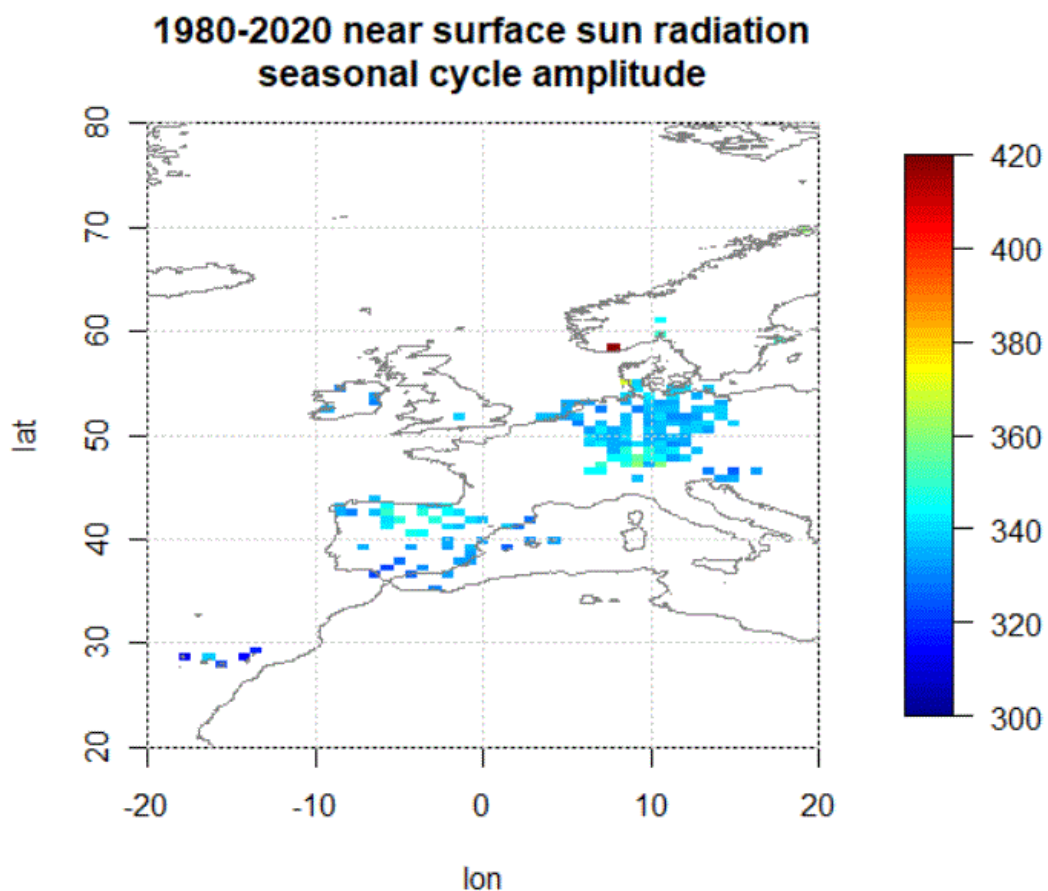
Εικόνα 20 Αρχείο Excel μετατρεπόμενο σε txt με τα δεδομένα για την απεικόνιση στην R

(Υποκεφάλαιο 4.1 Εποχικός κύκλος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος σε σταθμούς της Ευρώπης την περίοδο 1980- 2020.)

(Ενότητα 4.1.1 Χαρτογράφηση σημειακών παρατηρήσεων – Χωρική κατανομή της amp)

Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει η απεικόνιση των αποτελεσμάτων της R.

Στην παρακάτω εικόνα γίνεται η απεικόνιση του πλάτους του εποχικού κύκλου στους σταθμούς μας με γεωγραφικό περίγραμμα και με χρήση πλέγματος.



Εικόνα 21 Εμφάνιση του amp στον Ευρωπαϊκό χώρο με γεωγραφικό περίγραμμα και χρήση πλέγματος.

Στην συνέχεια, θα προχωρήσουμε στην διαδικασία της παρεμβολής κατά Krig με την εμφάνιση βαριογράμματος.

Μέσα από τις εντολές που χρησιμοποιήσαμε, εμφανίστηκε το παρακάτω αποτέλεσμα:

```
CALL:
Krig(x = loc, Y = amp)

Number of Observations:      218
Number of unique points:     218
Number of parameters in the null space 3
Parameters for fixed spatial drift  3
Effective degrees of freedom:    88.5
Residual degrees of freedom:    129.5
MLE sigma                     6.099
GCV sigma                     5.963
MLE rho                       40.43
Scale passed for covariance (rho) <NA>
Scale passed for nugget (sigma^2) <NA>
Smoothing parameter lambda     0.9201

Residual Summary:
      min   1st Q  median   3rd Q    max
-13.600  -2.348  -0.194   1.585   33.460

Covariance Model: stationary.cov
Covariance function is
Names of non-default covariance arguments:

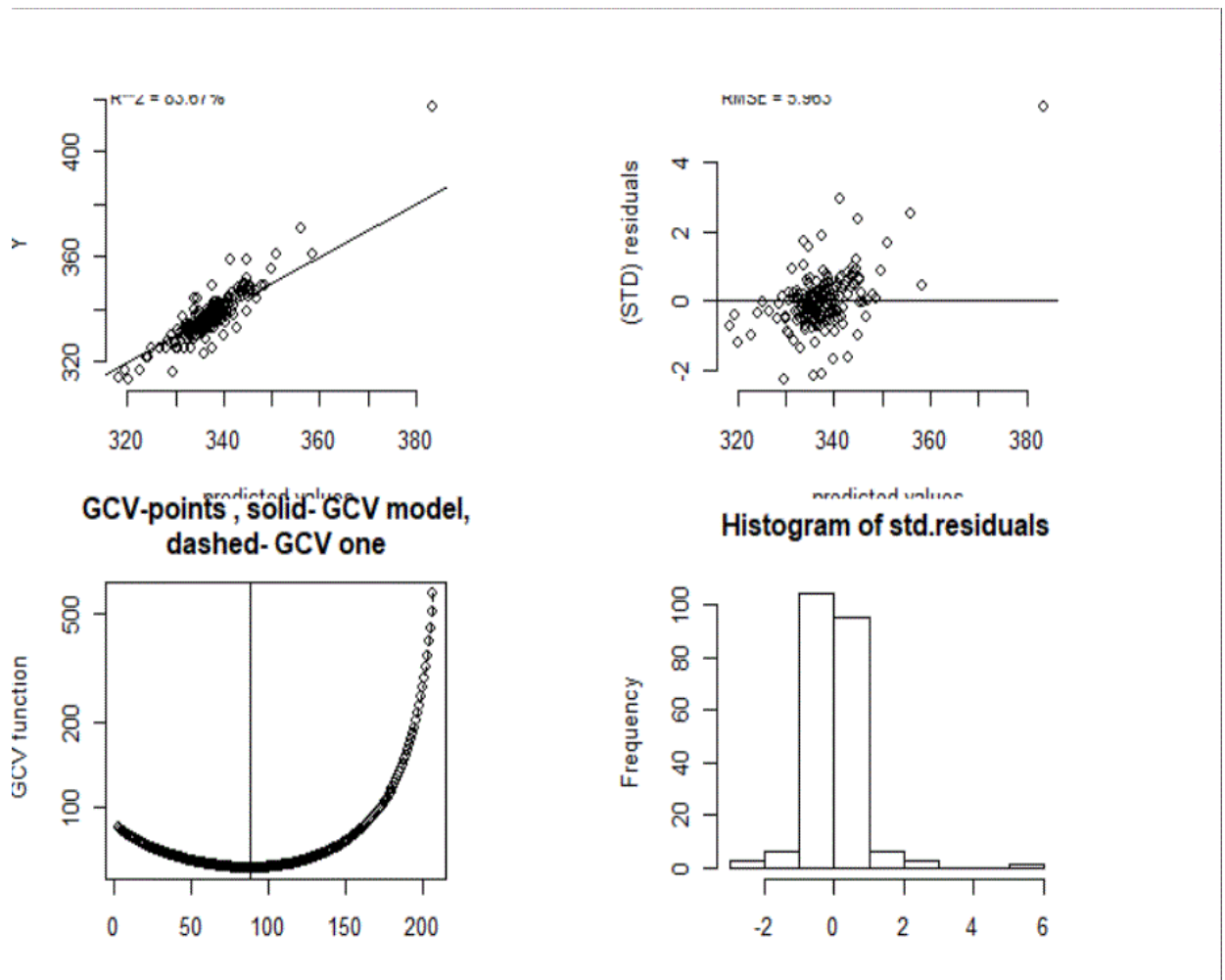
DETAILS ON SMOOTHING PARAMETER:
Method used:  GCV    Cost: 1
  lambda    trA      GCV  GCV.one GCV.model  shat
  0.9201    88.5156  59.8652  59.8652      NA    5.9630

Summary of all estimates found for lambda
      lambda    trA    GCV  shat  REML
GCV      0.9201  88.52  59.87  5.963 756.6
GCV.model      NA     NA     NA     NA  NA
GCV.one      0.9201  88.52  59.87  5.963  NA
RMSE          NA     NA     NA     NA  NA
pure error     NA     NA     NA     NA  NA
REML          0.6332 104.93  60.63  5.608 756.1
```

Εικόνα 22 Εμφάνιση στοιχείων από παρεμβολή

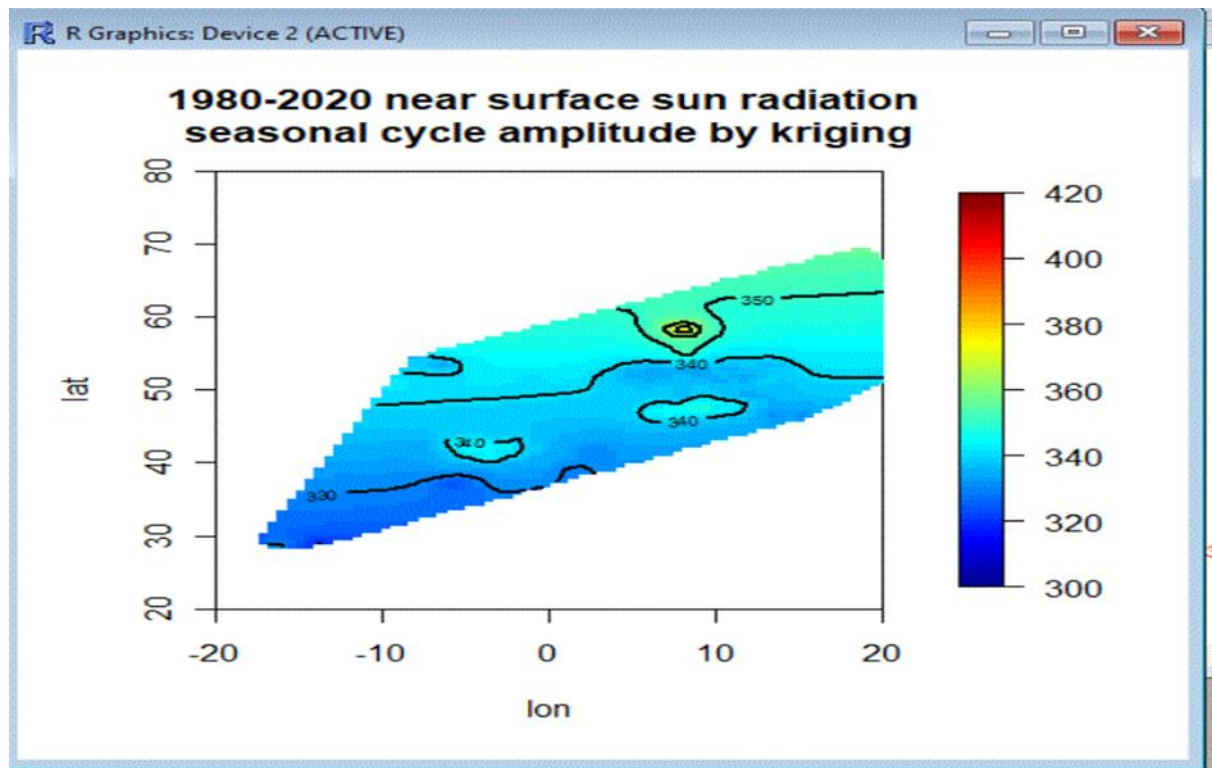
Μέσω αυτής της διαδικασίας, ο ερευνητής είναι σε θέση να γνωρίζει κατά πόσο το πεδίο παρεμβολής αναπαριστά επιτυχώς τις παρατηρούμενες μετρήσεις, ελέγχοντας τις καμπύλες που παρατηρούνται και τον συντελεστή εξομάλυνσης λ.

Κατόπιν, πραγματοποιείται η εμφάνιση των διαγραμμάτων σε παράθυρο – πίνακα 2Χ2. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



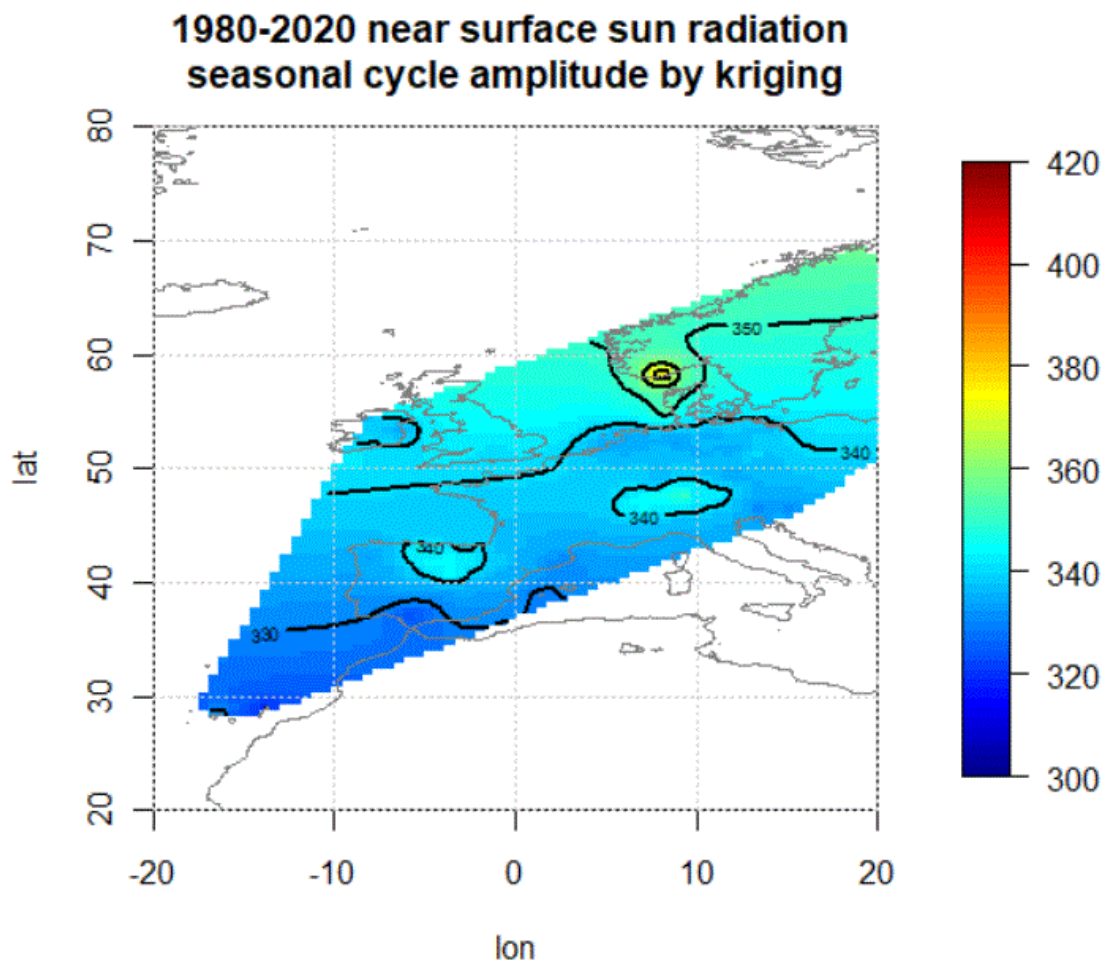
Εικόνα 23 Εμφάνιση Διαγραμμάτων παρεμβολής κατά Kriging για την amp

Τέλος, μέσω της παρεμβολής Kriging, καθώς και της χάραξης ισοπληθών, θα πάρουμε το αποτέλεσμα που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 24 Εμφάνιση του *amr* με χρήση Kriging μέσω της χάραξης ισοπληθών

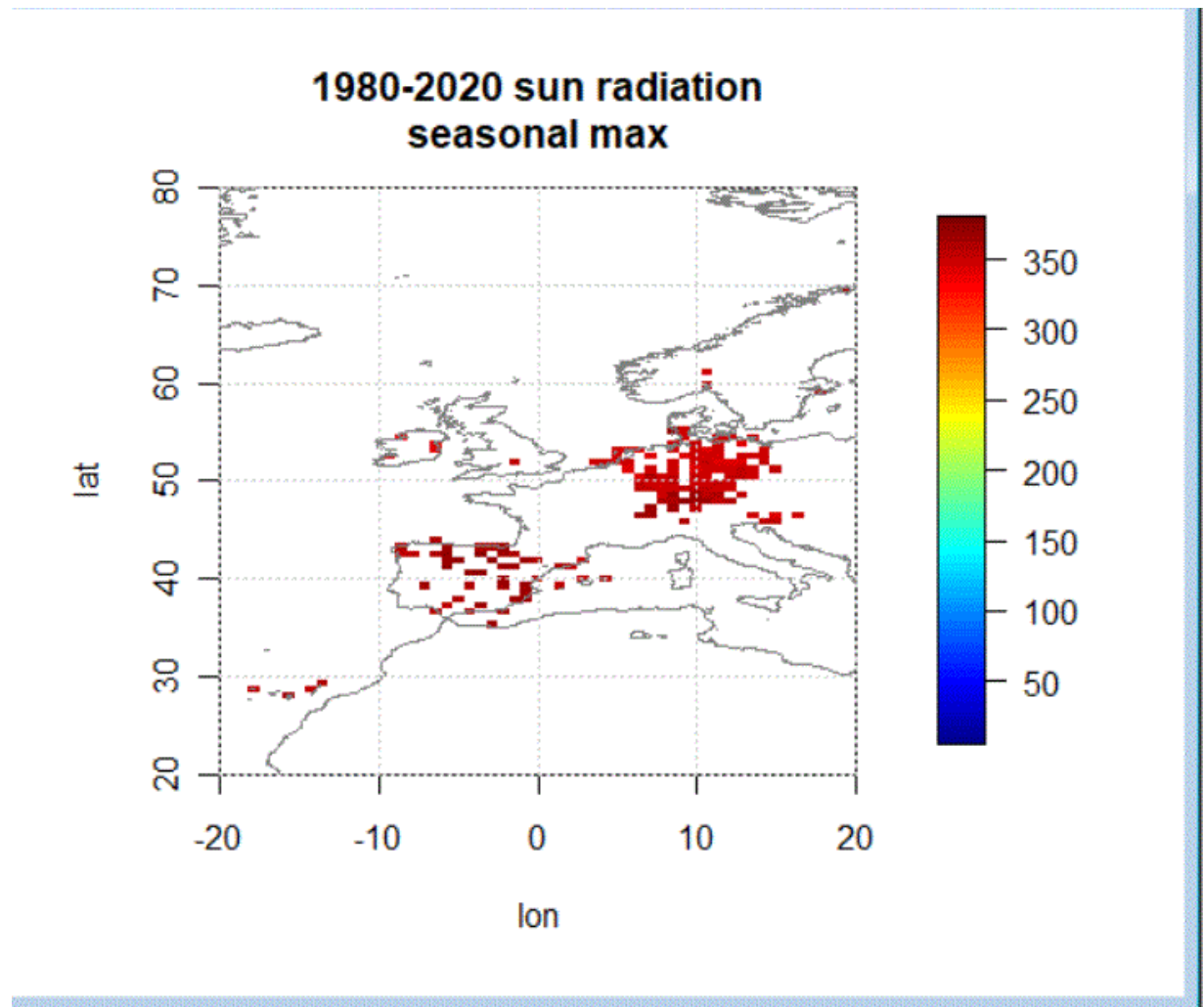
Και, τέλος μέσω της χάραξης ισοπληθών, θα γίνει και η απεικόνιση στον χάρτη, με χρήση πλέγματος, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 25 Εμφάνιση εύρους μέσου εποχικού κύκλου με παρεμβολή kriging για την amp

Στην παραπάνω εικόνα εμφανίζονται πέντε ευδιάκριτες περιοχές (μπλε, γαλάζιο, πράσινο, κίτρινο και κόκκινο) από τον Νότο προς τον Βορρά. Το πεδίο παρεμβολής δείχνει ότι οι αποεποχοποιημένες τιμές της ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερες προς τον Βορρά.

Στην συνέχεια θα γίνει η αποτύπωση μέσω της R για τις μέγιστες τιμές του μέσου εποχικού κύκλου, όπως φαίνεται και παρακάτω:



Εικόνα 26 Εμφάνιση μεγίστων τιμών μέσου εποχικού κύκλου

Παρακάτω γίνεται η αποτύπωση των αποτελεσμάτων των μεγίστων τιμών του μέσου εποχικού κύκλου μέσω της παρεμβολής kriging.

```
CALL:
Krig(x = loc, Y = seasmx)

Number of Observations:      218
Number of unique points:     218
Number of parameters in the null space 3
Parameters for fixed spatial drift 3
Effective degrees of freedom: 97.4
Residual degrees of freedom: 120.6
MLE sigma                    5.857
GCV sigma                    5.658
MLE rho                      45.69
Scale passed for covariance (rho) <NA>
Scale passed for nugget (sigma^2) <NA>
Smoothing parameter lambda   0.7509
```

```
Residual Summary:
      min      1st Q      median      3rd Q      max
-13.6700 -2.1110  -0.1585   1.6520  30.1300
```

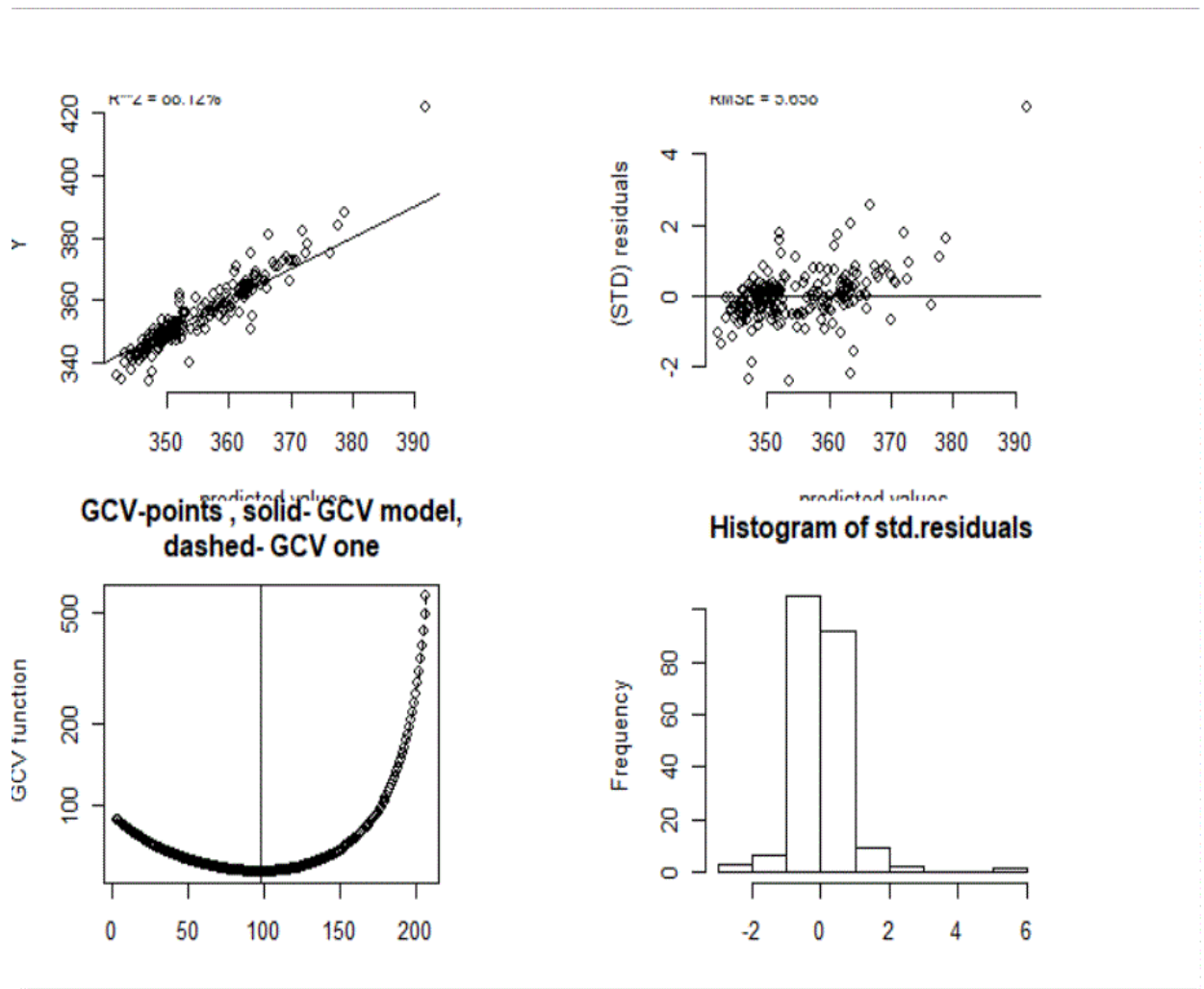
```
Covariance Model: stationary.cov
Covariance function is
Names of non-default covariance arguments:
```

DETAILS ON SMOOTHING PARAMETER:

```
Method used:  GCV      Cost: 1
lambda      trA      GCV  GCV.one GCV.model  shat
0.751      97.358   57.845  57.845      NA      5.658
```

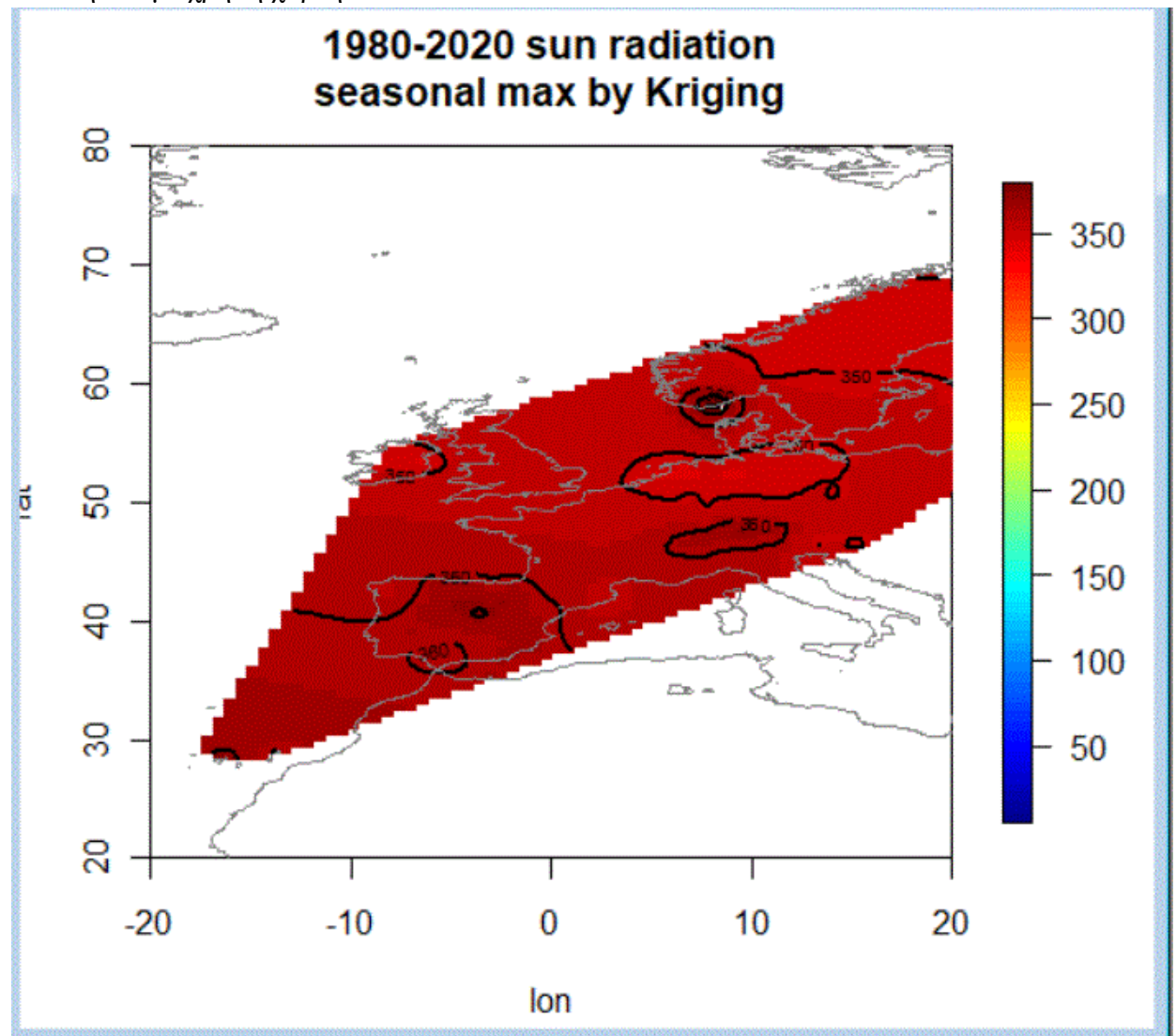
```
Summary of all estimates found for lambda
      lambda      trA      GCV  shat  REML
GCV      0.7509  97.36  57.85  5.658  757.1
GCV.model      NA      NA      NA      NA      NA
GCV.one      0.7509  97.36  57.85  5.658      NA
RMSE      NA      NA      NA      NA      NA
pure error      NA      NA      NA      NA      NA
REML      0.4741 117.87  59.15  5.213  756.1
```


Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η εμφάνιση των διαγραμμάτων σε παράθυρο – πίνακα 2Χ2. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



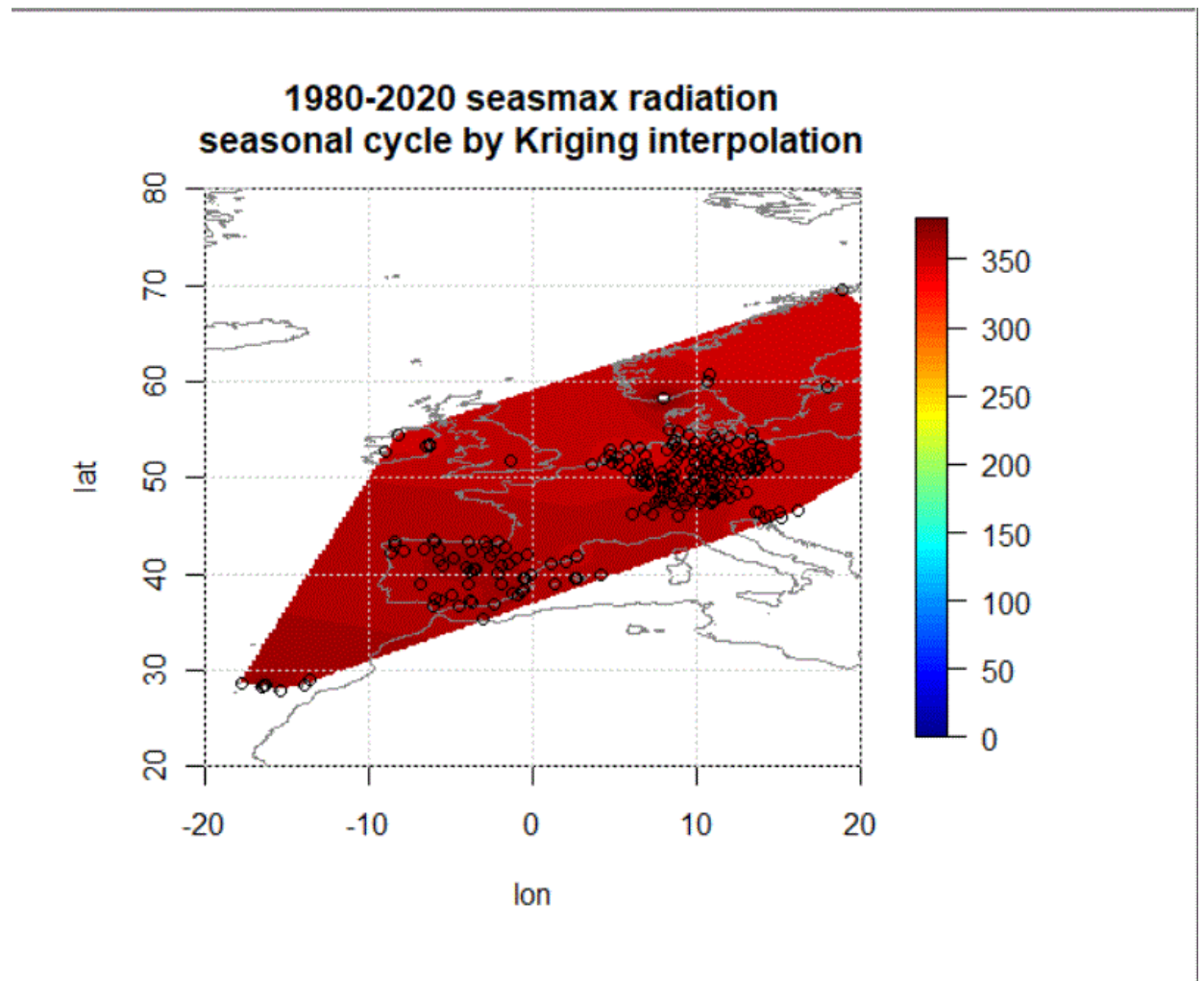
Εικόνα 27 Εμφάνιση Διαγραμμάτων παρεμβολής κατά Krige για τις μέγιστες τιμές max

Κατόπιν γίνεται η απεικόνιση της μέγιστης τιμής ακτινοβολίας με Kriging, μέσω της χάραξης ισοπληθών με χρήση χάρτη.



Εικόνα 28 Εμφάνιση εύρους μέσου εποχικού κύκλου με παρεμβολή kriging για την max

Και τέλος, γίνεται η απεικόνιση των μεγίστων τιμών ακτινοβολίας μέσω Kriging με χρήση ισοπληθών και εμφάνιση σε χάρτη με χρήση πλέγματος και εμφάνισης σημείων.

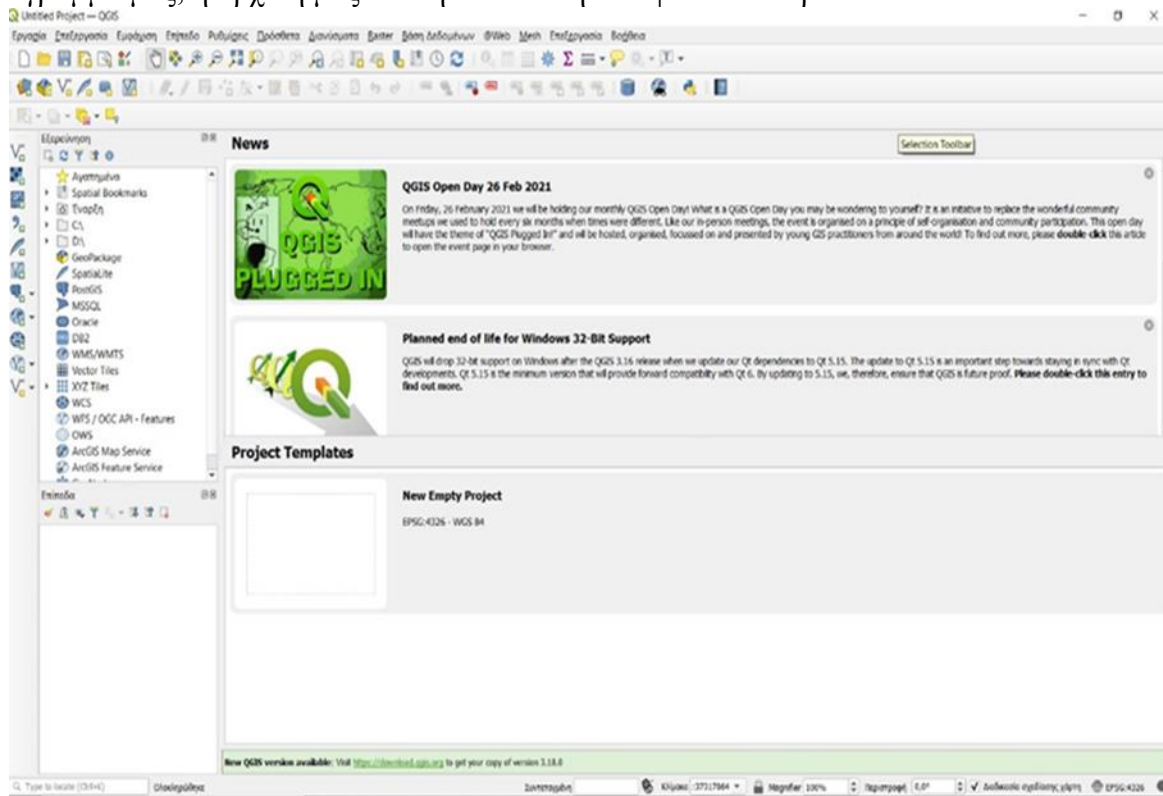


Εικόνα 29 Εμφάνιση εύρους μέσου εποχικού κύκλου με χρήση σημείων με παρεμβολή kriging για την max

Με βάση τις παραπάνω εικόνες, κατανοούμε ότι οι μέγιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στους σταθμούς μας είναι πολύ κοντά στις μέγιστες τιμές των θερμοκρασιών, οπότε δε μπορούμε να καταλάβουμε με σαφήνεια ποιες περιοχές είναι πιο κοντά στις μέγιστες τιμές ακτινοβολίας, καθώς όλες είναι κοντά στις μέγιστες τιμές.

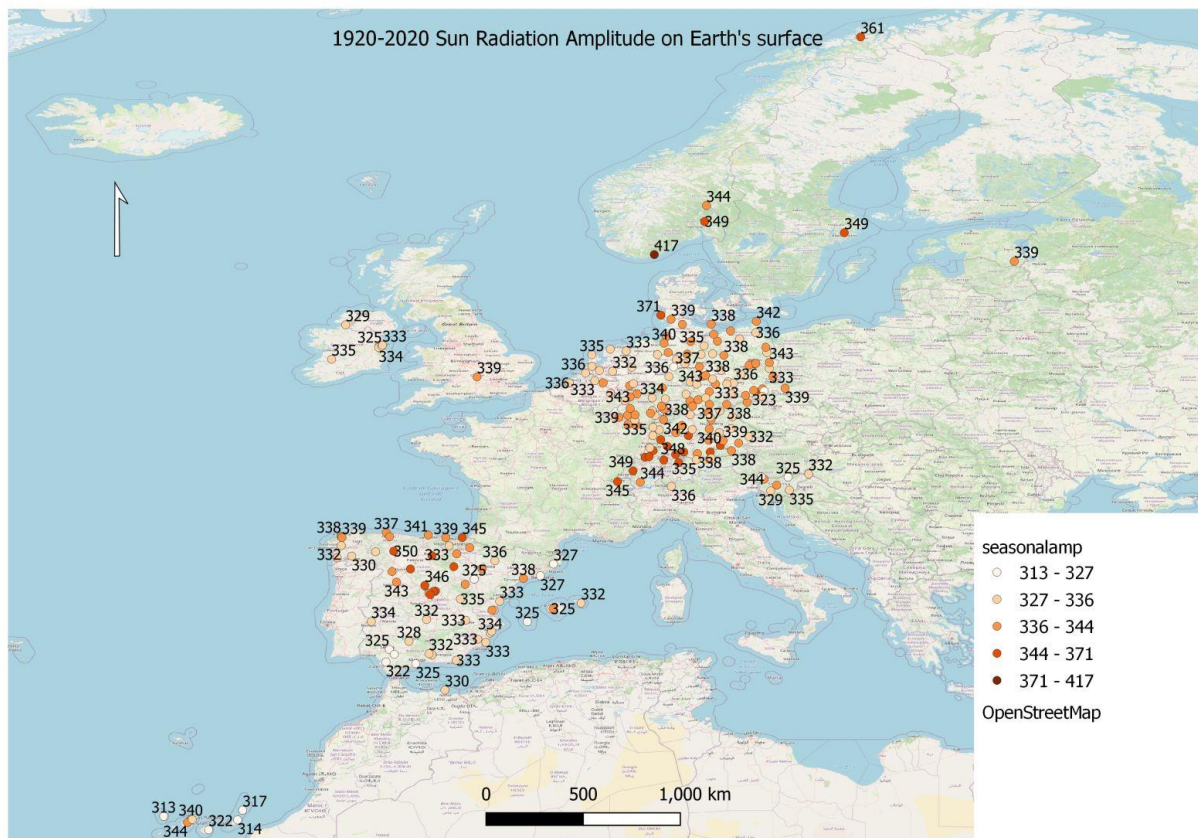
(Ενότητα 4.1.3 Απεικόνιση αποτελεσμάτων amp στην QGIS)

Τώρα συνεχίζοντας με την Qgis, θα αποτυπώσουμε την διαφορά της μέγιστης από την ελάχιστη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας (amp) στην επιφάνεια της Γης. Αφού τρέξουμε το πρόγραμμά μας, η αρχική μας οθόνη είναι αυτή που φαίνεται παρακάτω:



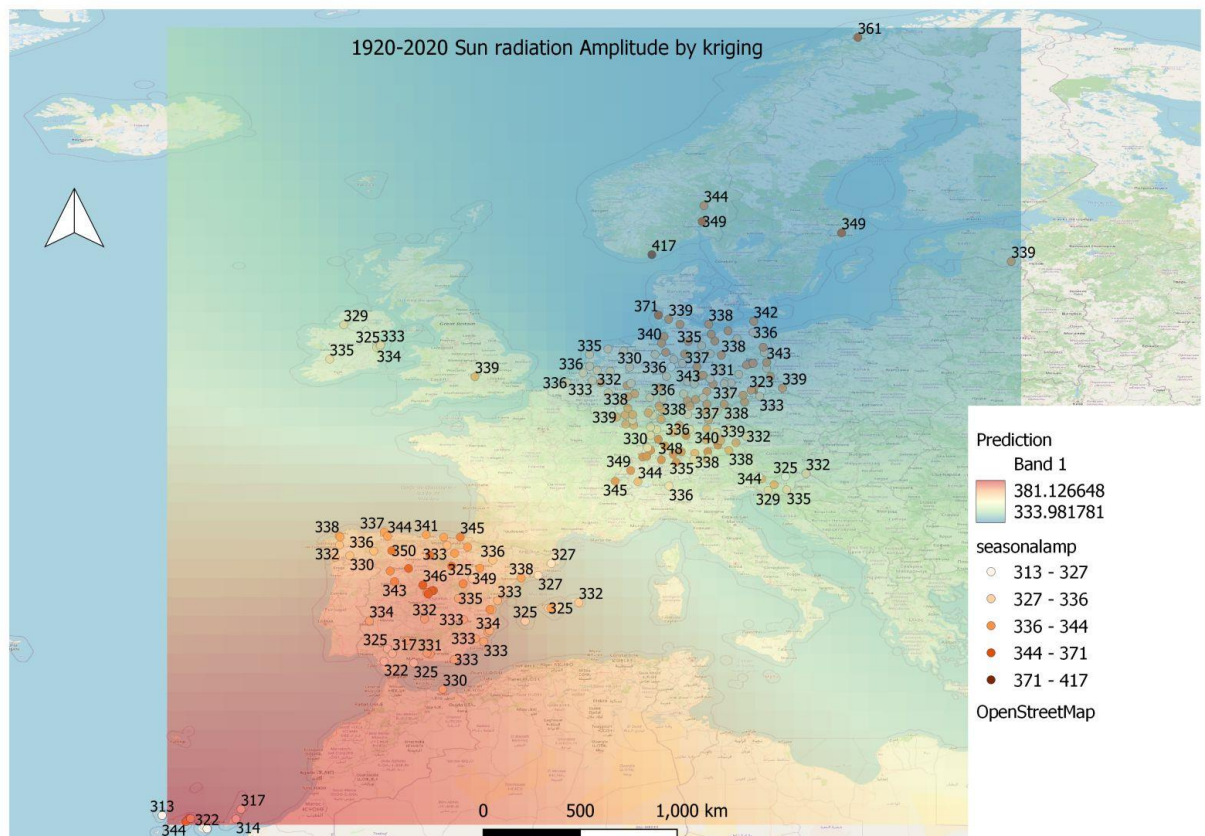
Εικόνα 30 Αρχική οθόνη του προγράμματος QGIS

Στην συνέχεια θα προχωρήσουμε στην εισαγωγή αρχικά του χάρτη της Ευρώπης και όχι τον Παγκόσμιο χάρτη, διότι σε αυτή την εργασία θα ασχοληθούμε με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στον Ευρωπαϊκό χώρο. Στην συνέχεια θα εισάγουμε το αρχείο μας από το Excel, το οποίο το είχαμε μετατρέψει νωρίτερα για να το χρησιμοποιήσουμε στην R, σε αρχείο .txt. Με την εισαγωγή του αρχείου αυτού θα δούμε όλους τους σταθμούς που υπάρχουν στον Ευρωπαϊκό χώρο, καθώς και το amp, το οποίο θέλουμε στη παρούσα φάση για την απεικόνιση του στην QGIS. Και έτσι θα προκύψει το εξής αποτέλεσμα:



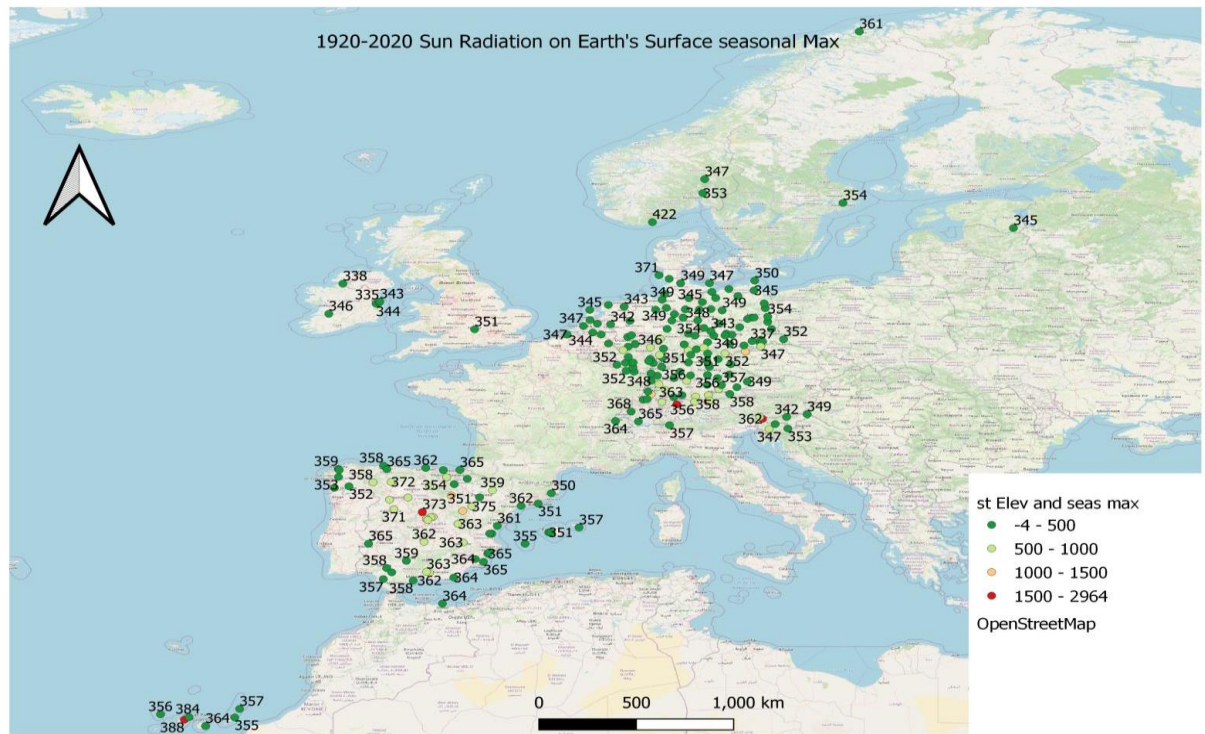
Εικόνα 31 Εμφάνιση των σταθμών καθώς και του amp στον χάρτη

Συνεχίζοντας, θα γίνει η απεικόνιση του amp της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της παρεμβολής Kriging. Και το αποτέλεσμα θα είναι αυτό που παρουσιάζεται παρακάτω:



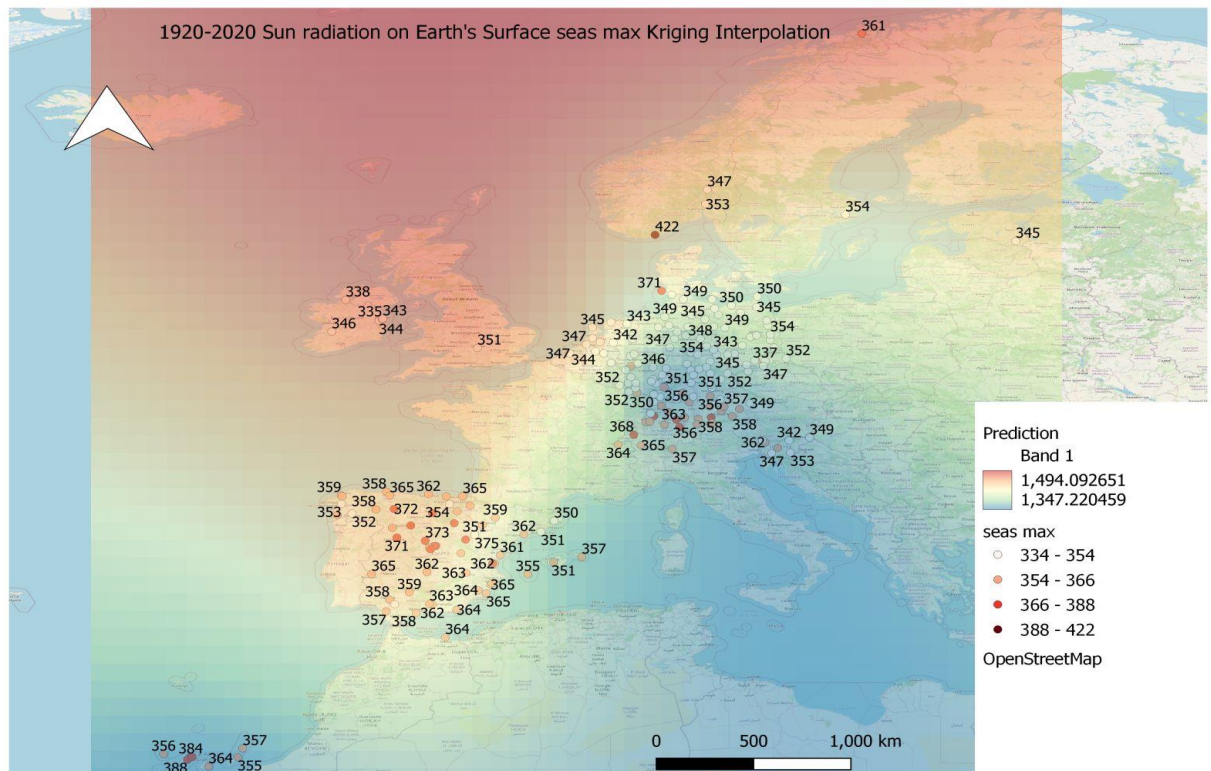
Εικόνα 32 Απεικόνιση του amp στον χάρτη της Ευρώπης με παρεμβολή Kriging

Στην συνέχεια θα γίνει η απεικόνιση των σταθμών για τις μέγιστες τιμές του εποχικού κύκλου.



Εικόνα 33 Εμφάνιση των σταθμών καθώς και του max στον χάρτη

Και, τέλος θα γίνει η απεικόνιση των μεγίστων τιμών του μέσου εποχικού κύκλου, μέσω της παρεμβολής ordinary kriging, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 34 Απεικόνιση των μεγίστων τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας με παρεμβολή Kriging.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Συμπεράσματα

1. Το πλάτος του μέσου εποχικού κύκλου της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος των ευρωπαϊκών χωρών στην περιοχή μελέτης δεν φαίνεται να έχει κάποια εξάρτηση από το γεωγραφικό πλάτος.
2. Οι καμπύλες του μέσου εποχικού κύκλου παρουσιάζουν σχεδόν όλες την ίδια μορφή με ένα πεπλατυσμένο μέγιστο από τον μήνα Μάϊο μέχρι και τον Ιούλιο εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις.
3. Το πεδίο παρεμβολής του μέσου εποχικού κύκλου στο διάστημα 1980-2020 παρουσιάζει μία βαθμίδα μείωσης από BBA προς NNA. Η παράμετρος εξομάλυνσης $\lambda=0,9$ δείχνει ότι το μοντέλο παρεμβολής είναι αρκετά ικανοποιητικό και το μοντέλο διασταυρωτικής επικύρωσης GCV δείχνει ότι υπάρχει υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ των εκτιμήσεων της παρεμβολής και των σημειακών παρατηρήσεων ($R^2=83,67\%$ ή $R=0,90$).
4. Το μέγιστο του μέσου εποχικού κύκλου της ηλιακής ακτινοβολίας, που φτάνει στο έδαφος της περιοχής μελέτης, έχει παντού υψηλές τιμές και το πεδίο από παρεμβολή δουλεύει ικανοποιητικά ($\lambda=0,75$) υποτιμώντας τις τιμές του μεγίστου στην περιοχή της Κεντρικής Ευρώπης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A., M. (2012). U.S. Electoral History by GIS. San Diego State University.
- Caitlin Dempsey. (2019, 8 16). *Gislounge*. Ανάκτηση 3 11, 2021, από <https://www.gislounge.com/what-is-gis/>
- Dempsey, C. (2013). EXplore John's Snow Cholera Map using Gis Data. GIS LOUNGE. *ENERGY.GOV*. (n.d.). Ανάκτηση από <https://www.energy.gov/science/doe-explainsatmospheric-radiation>
- esri. (<https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>). history of gis.
- ESRI Press. (2007). R.F. Tomlinson, Thinking about GIS: geographic information system planning for managers. *Redlands*.
- Essentials of geographic information systems* . (n.d.). Ανάκτηση από https://saylordotorg.github.io/text_essentials-of-geographic-information-systems/s08-02-vector-data-models.html
- European Environment Agency. (2012, Νοέμβριος 21). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012*. Ανάκτηση Μάρτιος 30, 2022, από <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012>
- GIS Data (Geographic Information Systems) uses, advantages and disadvantages*. (n.d.). (Science online) Ανάκτηση από www.online-sciences.com
- GISGeography*. (2021, 01 03). Ανάκτηση 01 18, 2021, από <file:///C:/Users/User/Desktop/The%20Remarkable%20History%20of%20GIS%20-%20GIS%20Geography.html>
- Henderson-Sellers, A. and K. McGuffie. (2011). The future of the world's climate. Amsterdam.
- IT, T. C. (2019). The history of Geographic Information Systems.
- J T COPPOCK AND D W RHIND. (2013). THE HISTORY OF GIS. UK.
- J.B.Awotumde, S.I. Abdulkadir, O. Folorunsho & N.T. Toye. (2014, October). Easy Accessibility to Institution Facilities Using Geographic Information System (GIS) for Spatial Map. *Africal Journal Of Computing & ICT*, σ. 8.
- LEENA KANICKARAJ. (2018, 1 2). *Geographic Information Systems (GIS) Defined*. Ανάκτηση 3 11, 2021, από <https://www.arcweb.com/blog/geographic-information-systems-gis-defined>
- Michael F. Goodchild, Robert P. Haining. (2003). GIS and Spatial Data Analysis: Converging Perspectives. USA.
doi:<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1007%2Fs10110-003-0190-y>
- MILDRED, O. O. (2010). GEOINFORMATION SYSTEMS. Στο *HISTORY AND DEVELOPMENT OF GIS* (σ. 4). NAIROBI: UNIVERSITY OF NAIROBI.
- National Library of Scotland*. (n.d.). Ανάκτηση από <https://maps.nls.uk/ww1/trenches/info1.html>
- S. Shekhar et al. (August 6-9, 1995). Load-balancing in high performance GIS: Declustering polygonal maps, in *Advances in Spatial Databases: 4th International Symposium*. Berlin, Heidelberg: M.J.Egenhofer and J.R. Herring, Editors.
- Staff Reporter. (2017, 3 15). *The Five Basics Of GIS Components*. Ανάκτηση 3 11, 2021, από <https://geographyandyou.com/five-basics-gis-components/>
- Vardhan, H. (2016, 09 28). *GEOSPATIAL WORLD*. Ανάκτηση 01 13, 2021, από <https://www.geospatialworld.net/blogs/what-is-gis-definition-changed/>
- Waters, N. (2018). GIS: history. σ. 13.
- Wikipedia*. (n.d.). Ανάκτηση από https://el.wikipedia.org/wiki/Σύστημα_Γεωγραφικών_Πληροφοριών

- William F. Wieczorek, Alan M. Delmerico. (2010, 08 16). Geographic Information Systems. *PMC*, σσ. 167-186.
- WMO. (n.d.). Ανάκτηση από <https://public.wmo.int/en/sun%E2%80%99s-impact-earth>
- Zeger, A. and D.I. Smith. (2003). Impediments to using GIS for real-time disasters decision support. *Computers, Enviroment and Urban Systems*, 27, 123-141. Ανάκτηση 01 21, 2021
- Αικατερίνη, Φ. (2012). Κλιματικός Άτλαντας Ελλάδος. Αθήνα: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ. Ανάκτηση από https://www.itia.ntua.gr/en/getfile/1211/1/documents/fram_fin.pdf
- βικιπαίδεια. (n.d.). *wikipedia*. Ανάκτηση από <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%B1>
- ΓΥΣ. (n.d.). ΓΥΣ. Ανάκτηση από <https://www.gys.gr/hmgs-archaiot.html>
- Δ Στάθης. (2015). *Κλιματική αλλαγή*. Ανάκτηση από https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/4668/2/13_chapter_12.pdf
- Παρασκευάς Μελισσινός. (Μάιος 2013). <<Τα γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS) στις Ηλεκτρονικές Συναλλαγές>>. Στο ΔΠΜΣ: <<Τεχνοοικονομικά Συστήματα >> Ηλεκτρονικές Συναλλαγές (σ. 29). Αθήνα.
- ΥΠΗΡΕΣΙΑ, Ε. Μ. (n.d.). *emy*. Ανάκτηση από http://www.emy.gr/emy/el/meteorology/meteorologia_arxaia_ellada?pageno=1
- Φυσική, Κ. (n.d.). *ιονίζουσα ακτινοβολία*. Ανάκτηση από <https://www.kathimerinifysiki.gr/2015/06/ionizousa-aktinovolia.html>
- ΧΡΙΣΤΙΝΑ-ΙΩΑΝΝΑ, Β. (2016). Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών: Από το δισδιάστατο στον τρισδιάστατο χώρο. *ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ*, 80.

Στο παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικά η διαδικασία και οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων από την R.

Σε αυτή την θα γίνει η αναλυτική περιγραφή και απεικόνιση του εύρους της ηλιακής ακτινοβολίας, των μεγίστων εποχικών τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και του εύρους της διαφοράς της μέγιστης από την ελάχιστη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας.

Αρχικά θα ξεκινήσουμε με την απεικόνιση της διαφοράς της μέγιστης και ελάχιστης τιμής της ηλιακής ακτινοβολίας,

Αφού πρώτα καλέσουμε τις βιβλιοθήκες που χρειαζόμαστε για να τρέξει το πρόγραμμα μας και έχουν φορτωθεί, στην συνέχεια θα φορτώσουμε τα δεδομένα μας μέσω των παρακάτω εντολών:

```
>library(fields)
```

```
>library(spam)
```

```
> library(clim.pact)
```

```
#Αυτές είναι οι βιβλιοθήκες που θέλουμε να φορτώσουμε για να τρέξει το πρόγραμμα μας.
```

```
> seasonal<-read.table ('C:/Users/marak/OneDrive/Desktop/seasonal.txt', header=T)
```

```
#Τώρα φορτώνουμε το αρχείο μας, που βρίσκεται στην παραπάνω διαδρομή.
```

Με αυτή την εντολή, το αρχείο με τις μετρήσεις μας έχει διαβαστεί από το πρόγραμμα, οπότε γίνεται και ο εντοπισμός του γεωγραφικού μήκους και πλάτους των μετρήσεων. Ο εντοπισμός γίνεται μέσω της εντολής:

```
>loc<-seasonal[,3:2]
```

Με αυτή την εντολή, το πρόγραμμα πρέπει να διαβάσει όλες τις μετρήσεις του αρχείου στις δύο παραπάνω στήλες. Τώρα συνεχίζοντας στην επόμενη εντολή, θα γίνει ο καθορισμός του μελετώμενου μεγέθους amplitude (amp). Το amp βρίσκεται στην έκτη θέση του αρχείου μας, οπότε θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εντολή:

```
>amp<-seasonal[,6]
```

Τώρα θα περάσουμε στην απεικόνιση του χάρτη. Για να γίνει η απεικόνιση, καθώς και ο σχεδιασμός του χάρτη με καθορισμό των ορίων, καθώς και τον τίτλο που θα έχει ο χάρτης μας, θα χρησιμοποιήσουμε τις παρακάτω δύο εντολές:

```
>as.image(amp,loc,na.rm=T)->look
```

```
>image.plot(look, xlab="lon", ylab="lat", xlim=c(-20,20), ylim=c(20,80), zlim=c(300,420),  
+main="1980-2020 near surface sun radiation  
+seasonal cycle amplitude")
```

Έτσι, με αυτές τις εντολές, ορίζουμε τα όρια που αφορούν το γεωγραφικό πλάτος και το εύρος των μετρήσεων που θα μελετηθούν. Επιπλέον, σαν πρωταρχικός τίτλος απεικόνισης είναι ο τίτλος “1980-2020 near surface sun radiation seasonal cycle amplitude”. Με βάση την πραγματοποίηση των παραπάνω εντολών, προκύπτει η παρακάτω απεικόνιση:

Κατόπιν , θα κάνουμε εμφάνιση γεωγραφικού περιγράμματος με την παρακάτω εντολή:

```
>addland()
```

Και τέλος, με την παρακάτω εντολή, θα γίνει η απεικόνιση της ακτινοβολίας στον Ευρωπαϊκό χώρο, με χρήση πλέγματος.

```
>grid()
```

Συνεχίζοντας, θα πραγματοποιήσουμε την διαδικασία παρεμβολής Krig. Μέσω αυτής της διαδικασίας, ο ερευνητής δύναται να καταλάβει κατά πόσο το πεδίο παρεμβολής αναπαριστά επιτυχώς τις παρατηρούμενες μετρήσεις, ελέγχοντας τις παρατηρήσεις που παρατηρούνται.

Για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία παρεμβολής κατά Krig, θα πρέπει να ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα:

```
>Krig(loc,Y=amp)->out
```

Στην συνέχεια θα προσθέσουμε την παρακάτω εντολή, ώστε να προκύψει το αποτέλεσμα που εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα.

```
>summary(out)
```

Στην συνέχεια, πραγματοποιείται εμφάνιση των διαγραμμάτων σε παράθυρο-πίνακα 2X2. Αυτό γίνεται με την βοήθεια των εντολών:

```
>par(mfrow=c(2,2))
```

```
>plot(out)
```

Κατόπιν, θα γίνει εμφάνιση των παραπάνω διαγραμμάτων σε πίνακα 1X1. Αυτό, πραγματοποιείται δίνοντας στο πρόγραμμα την εντολή:

```
> par(mfrow=c(1,1))
```

Θέλοντας να εμφανίσουμε του συνεχούς πεδίου εκτιμώμενων τιμών μελετώμενου μεγέθους, με χάραξη ισοπληθών, θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εντολή:

```
>surface.Krig(out,xlab="lon",ylab="lat",xlim=c(-20,20),ylim=c(20,80),zlim=c(300,420),  
+main="1980-2020 near surface sun radiation  
+seasonal cycle amplitude by kriging")
```

Κατόπιν, θα γίνει εμφάνιση των παραπάνω διαγραμμάτων σε πίνακα 1X1. Αυτό, πραγματοποιείται δίνοντας στο πρόγραμμα την εντολή:

```
> par(mfrow=c(1,1))
```

Θέλοντας να εμφανίσουμε του συνεχούς πεδίου εκτιμώμενων τιμών μελετώμενου μεγέθους, με χάραξη ισοπληθών, θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εντολή:

```
>surface.Krig(out,xlab="lon",ylab="lat",xlim=c(-20,20),ylim=c(20,80),zlim=c(300,420),  
+main="1980-2020 near surface sun radiation  
+seasonal cycle amplitude by kriging")
```

Στην συνέχεια θα γίνει απεικόνιση με χρήση γεωγραφικού περιγράμματος, μέσω της εντολής:

```
> addland()
```

Όπως και το πλέγμα του Ευρωπαϊκού χάρτη με την εντολή:

```
> grid()
```

Κάτι που μπορεί να προστεθεί στην παραπάνω διαδικασία, είναι η αλλαγή της τελευταίας εντολής που αφορά την εμφάνιση ισοπληθών, με την εντολή **predict.surface**. Μέσω της εντολής αυτής, δίνεται η δυνατότητα στον ερευνητή να εμφανίσει έναν διαφορετικό τύπο βαριογράμματος, αλλά και τις γεωγραφικές θέσεις των σταθμών μέτρησης πάνω στον χάρτη. Συνεχίζοντας, εφαρμόζονται οι παρακάτω εντολές:

```
> predict.surface(nx=272,ny=272,out)->look1
```

```
>image.plot(look1,xlab="lon",ylab="lat",xlim=c(-20,20), ylim=c(20,80), zlim=c(300,420),  
+main="1980-2020 near surface sun radiation  
+seasonal cycle amplitude by kriging interpolation")
```

```
>addland()
```


>grid().

Η ίδια διαδικασία θα ακολουθηθεί και για την απεικόνιση των μεγίστων τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας, με τις παρακάτω εντολές.

Αρχικά θα φορτώσουμε τα δεδομένα μας μέσω των παρακάτω εντολών:

>library(fields)

>library(spam)

> library(clim.pact)

#Αυτές είναι οι βιβλιοθήκες που θέλουμε να φορτώσουμε για να τρέξει το πρόγραμμα μας.

> seasonal<-read.table ('C:/Users/marak/OneDrive/Desktop/seasonal.txt', header=T)

#Τώρα φορτώνουμε το αρχείο μας, που βρίσκεται στην παραπάνω διαδρομή.

Με αυτή την εντολή, το αρχείο με τις μετρήσεις μας έχει διαβαστεί από το πρόγραμμα, οπότε γίνεται και ο εντοπισμός του γεωγραφικού μήκους και πλάτους των μετρήσεων. Ο εντοπισμός γίνεται μέσω της εντολής:

>loc<-seasonal[,3:2]

Με αυτή την εντολή, το πρόγραμμα πρέπει να διαβάσει όλες τις μετρήσεις του αρχείου στις δύο παραπάνω στήλες. Τώρα συνεχίζοντας στην επόμενη εντολή, θα γίνει ο καθορισμός του μελετώμενου μεγέθους amplitude (amp). Το amp βρίσκεται στην έκτη θέση του αρχείου μας, οπότε θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εντολή:

>seasmax<-seasonal[,6]

Τώρα θα περάσουμε στην απεικόνιση του χάρτη. Για να γίνει η απεικόνιση, καθώς και ο σχεδιασμός του χάρτη με καθορισμό των ορίων, καθώς και τον τίτλο που θα έχει ο χάρτης μας, θα χρησιμοποιήσουμε τις παρακάτω δύο εντολές:

>as.image(amp,loc,na.rm=T)->look

>image.plot(look, xlab="lon", ylab="lat", xlim=c(-20,20), ylim=c(20,80), zlim=c(0,350),
+main="1980-2020 sun radiation
+seasonal max")

Έτσι, με αυτές τις εντολές, ορίζουμε τα όρια που αφορούν το γεωγραφικό πλάτος και το εύρος των μετρήσεων που θα μελετηθούν. Επιπλέον, σαν πρωταρχικός τίτλος απεικόνισης είναι ο τίτλος “1980-2020 near surface sun radiation seasonal cycle amplitude”. Με βάση την πραγματοποίηση των παραπάνω εντολών, προκύπτει η παρακάτω απεικόνιση:
Κατόπιν , θα κάνουμε εμφάνιση γεωγραφικού περιγράμματος με την παρακάτω εντολή:

>addland()

Και τέλος, με την παρακάτω εντολή, θα γίνει η απεικόνιση της ακτινοβολίας στον Ευρωπαϊκό χώρο, με χρήση πλέγματος.

>grid()

Συνεχίζοντας, θα πραγματοποιήσουμε την διαδικασία παρεμβολής Krig. Μέσω αυτής της διαδικασίας, ο ερευνητής δύναται να καταλάβει κατά πόσο το πεδίο παρεμβολής αναπαριστά επιτυχώς τις παρατηρούμενες μετρήσεις, ελέγχοντας τις παρατηρήσεις που παρατηρούνται.

Για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία παρεμβολής κατά Krig, θα πρέπει να ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα:

>Krig(loc,Y=seasmax)->out

Στην συνέχεια θα προσθέσουμε την παρακάτω εντολή, ώστε να προκύψει το αποτέλεσμα που εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα.

```
>summary(out)
```

Στην συνέχεια, πραγματοποιείται εμφάνιση των διαγραμμάτων σε παράθυρο-πίνακα 2X2. Αυτό γίνεται με την βοήθεια των εντολών:

```
>par(mfrow=c(2,2))
```

```
>plot(out)
```

Κατόπιν, θα γίνει εμφάνιση των παραπάνω διαγραμμάτων σε πίνακα 1X1. Αυτό, πραγματοποιείται δίνοντας στο πρόγραμμα την εντολή:

```
> par(mfrow=c(1,1))
```

Θέλοντας να εμφανίσουμε του συνεχούς πεδίου εκτιμώμενων τιμών μελετώμενου μεγέθους, με χάραξη ισοπληθών, θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εντολή:

```
>surface.Krig(out,xlab="lon",ylab="lat",xlim=c(-20,20),ylim=c(20,80),zlim=c(0 ,350),  
+main="1980-2020 sun radiation  
+seasonal max by kriging")
```

Κατόπιν, θα γίνει εμφάνιση των παραπάνω διαγραμμάτων σε πίνακα 1X1. Αυτό, πραγματοποιείται δίνοντας στο πρόγραμμα την εντολή:

```
> par(mfrow=c(1,1))
```

Θέλοντας να εμφανίσουμε του συνεχούς πεδίου εκτιμώμενων τιμών μελετώμενου μεγέθους, με χάραξη ισοπληθών, θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εντολή:

```
>surface.Krig(out,xlab="lon",ylab="lat",xlim=c(-20,20),ylim=c(20,80),zlim=c(0 ,350),  
+main="1980-2020 sun radiation  
+seasonal max by kriging")
```

Στην συνέχεια θα γίνει απεικόνιση με χρήση γεωγραφικού περιγράμματος, μέσω της εντολής:

```
> addland()
```

Όπως και το πλέγμα του Ευρωπαϊκού χάρτη με την εντολή:

```
> grid()
```

Κάτι που μπορεί να προστεθεί στην παραπάνω διαδικασία, είναι η αλλαγή της τελευταίας εντολής που αφορά την εμφάνιση ισοπληθών, με την εντολή **predict.surface**. Μέσω της εντολής αυτής, δίνεται η δυνατότητα στον ερευνητή να εμφανίσει έναν διαφορετικό τύπο βαριογράμματος, αλλά και τις γεωγραφικές θέσεις των σταθμών μέτρησης πάνω στον χάρτη. Συνεχίζοντας, εφαρμόζονται οι παρακάτω εντολές:

```
> predict.surface(nx=272,ny=272,out)->look1
```

```
>image.plot(look1,xlab="lon",ylab="lat",xlim=c(-20,20), ylim=c(20,80), zlim=c(0,350),  
+main="1980-2020 seasmax radiation  
+seasonal cycle by kriging interpolation")
```

```
>addland()
```

```
>grid().
```